FONDO PIZZOFALCONE

31-8-16

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio X

Palchetto G.

37-B-16

Num.° d' ordine 12 11256

NAZIONALE

B. Prov.

663

NAPOLI

R. BIBLIOTECA

VITT. EM. III

B - Prov.
IE
663

EXAMEN
DE
LA POUDRE.

C098n 004

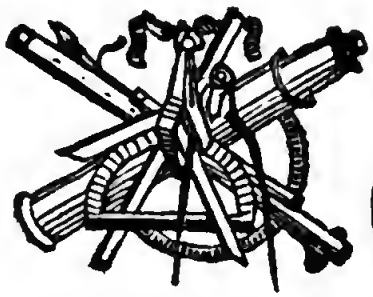
EXAMEN

DE

LA POUDRE.

TRADUIT DE L'ITALIEN

Par M. le Vicomte DE FLAVIGNY.



A Amsterdam, chez MARC-MICHEL REY.
A Genève, chez EMMANUEL DU VILARD.
Et à Paris, chez { RUAULT, Libraire, rue de la Harpe.
JOMBERT fils, Libraire, rue Dauphine.

M. DCC. LXXIII.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Google

AVANT-PROPOS.

UNE théorie ſolide & lumineuſe, appuyée ſur des expériences exactes & renfermée dans l'Ouvrage que je préſente au public, m'a porté à croire qu'il le recevroit avec plaiſir. Les Œuvres de M. D'ANTONI méritent, ſans doute, d'être connues dans toutes les Langues & de tous les Savants, j'aurois voulu contribuer à les faire connoître, autant par l'élégance & la préciſion du ſtyle que par l'exactitude & la clarté; j'aurois, ſans doute, fait deſirer avec plus d'empreſſement l'*Artillerie pratique*, *les Inſtitutions Phyſiques & Méchaniques*, & l'*Architecture Militaire* du même Auteur, pour

la traduction desquelles je prends avec le public quelques engagemens.

Si mon travail n'est pas accueilli, j'aurai du moins le mérite d'engager quelques Savants à présenter de nouveau ces ouvrages, & à leur faire rendre la justice qui leur est dûe.

TABLE DES MATIERES.

PREMIERE PARTIE.

DES propriétés de la Poudre, page 1
CHAP. I. *Du feu*, 2
CHAP. II. *Du ſoufre, du charbon, du ſalpêtre & de leur jonction*, 11
CHAP. III. *De la poudre*, 22
CHAP. IV. *Les propriétés de la poudre ſont les mêmes dans toutes les armes à feu, de quelque calibre qu'elles ſoient*, 59
CHAP. V. *Des charges avec leſquelles on obtient les plus grandes portées des canons*, 82

SECONDE PARTIE.

De la force de la poudre; 119
CHAP. I. *De la maniere de meſurer la denſité & l'élaſticité du fluide qui eſt réduit à la température de l'air*, 123
CHAP. II. *De quelques méthodes principales pour meſurer la plus grande force de la poudre au moment de ſon embrâſement dans une capacité invariable*, 144
CHAP. III. *Des modifications des développemens du fluide dans l'ame cylindrique d'une*

arme à feu, lorſqu'un obſtacle l'empêche de s'échapper par la bouche de la piece, 163

CHAP. IV. *De la viteſſe initiale des projectiles, de la loi de l'impulſion qu'ils reçoivent dans les armes à feu dont l'ame eſt cylindrique,* 185

CHAP. V. *Des expériences qui ont été faites pour déterminer la réſiſtance que l'air oppoſe aux projectiles des armes à feu,* 224

Fin de la Table.

EXAMEN DE *LA POUDRE.*

PREMIERE PARTIE.

Des propriétés de la Poudre.

On ne peut faire aucune Expérience, pour découvrir les propriétés & les effets de la Poudre, que par le moyen du feu : il eſt donc néceſſaire de parler d'abord de la nature du feu même. Pour le faire avec ſuccès, ſuivons les traces des Philoſophes qui ont ſoigneuſement obſervé les routes obliques & cachées de la nature pour parvenir à la vérité.

CHAPITRE PREMIER.

Du Feu.

Le célèbre Herman Boerhaave, dont les opinions ont été adoptées par une grande partie des plus habiles Chymiſtes, n'a pu découvrir, après une longue ſuite d'expériences, qu'un petit nombre de propriétés qui ont fait donner au feu différents noms, ſelon les modifications ſous leſquelles il s'offre à nos ſens.

1. Le feu pur s'appelle *feu*, *matiere ſolaire*, *lumiére* & *chaleur*. On le croit alors une ſubſtance eſſentiellement fluide, compoſée de particules très-déliées & continuellement agitées, quoiqu'elles ne le ſoient cependant pas toujours avec la même activité. Le ſavant Beccari a démontré qu'on apperçoit cette ſubſtance en tous lieux & preſque dans tous les corps ; quoiqu'on ne puiſſe pas toujours décider ſi elle s'y trouve comme principe conſtitutif & eſſentiel. Un leger frottement du globe de verre dans la machine électrique prouve qu'elle eſt répandue par-tout. Deux corps durs violemment

frottés l'un contre l'autre, s'échauffent par degrés & donnent enfin des étincelles & de la flamme ſelon la qualité des corps frottés.

2. Le feu, qui de l'état de fluidité ſemble paſſer à celui de ſolidité & qui devient une partie du corps même, comme l'inflammation de quelques corps le montre évidemment, s'appelle *matiere combuſtible*, *ſoufre*, *principe*, *aliment du feu* & *phlogiſtique*.

3. Un des caracteres diſtinctif du feu, conſideré comme *matiere ſolaire*, lumiere, &c. (§. 1.) eſt de pénétrer facilement les corps en s'y inſinuant également, & en les dilatant au point d'en ſéparer les parties quand il s'y introduit en quantité; cependant cette facilité avec laquelle le feu pénètre les corps & en ſépare les parties, eſt différente, ſelon les diverſes qualités des corps qu'il rencontre. Il en eſt même qui, au-lieu de ſe dilater à l'approche du feu, ſe reſſerrent, comme le bois, les corps animaux, &c.

4. Un autre caractere du feu du premier paragraphe eſt de rendre pluſieurs corps lumineux ou par le moyen de la flamme qui s'éleve ou par leur rougeur.

5. Le feu conſidéré comme *matiere combuſtible*, *ſoufre*, *phlogiſtique*, &c. (§. 2.) ne communique aux corps dans leſquels il ſe

trouve ni chaleur ni lumiere, à moins qu'il ne paſſe, pour ainſi dire, de l'état de repos au mouvement igné, c'eſt-à-dire, à l'inflammation.

6. Les effets du feu (dans le premier état §. 1.) paroiſſent varier ſuivant les circonſtances, & cette variété ſe remarque toujours;

1°. En conſidérant le feu dans un eſpace déterminé;

2°. En le conſidérant exiſtant actuellement dans un corps;

3°. En conſidérant enfin la maniere & la loi ſuivant leſquelles il pénètre les corps de diverſes natures, ou celles dont ces corps le répandent.

7. En conſidérant donc le feu dans un eſpace déterminé (§. 6. n° 1.) on voit qu'il peut s'y accumuler dans une quantité plus ou moins conſidérable & s'y mouvoir avec une viteſſe différente; ainſi en proportion de la quantité & de la viteſſe avec leſquelles cette ſubſtance ſe meut dans le même eſpace déterminé, ſon activité & ſon efficacité varient, comme on l'obſerve dans les miroirs ardents, dans les feux de reverbere, &c.

L'activité & l'efficacité du feu ont leurs degrés & nous ne pouvons les meſurer que par la dilatation des corps & par la déſu-

nion de leurs parties ; mais juſqu'à préſent on ne connoît point la maniere de meſurer exactement, non-ſeulement la quantité & la viteſſe du feu ſéparément, mais même l'effet abſolu de ſon activité dans les corps : comme on ne ſçait point encore juſqu'à quel point un corps pourroit ſe condenſer, s'il en étoit entierement privé, nous n'avons aucun point déterminément fixe pour obſerver le véritable commencement de ſa dilatation : le point de la condenſation du mercure produite par une quantité déterminée de ſel ammoniac & de neige mêlés enſemble, eſt juſqu'à ce jour, dans la conſtruction du Thermomètre, le point le plus bas que nous connoiſſions ; tandis que par les obſervations faites dans les pays ſeptentrionaux nous ne pouvons pas douter que le mercure n'ait été beaucoup plus condenſé dans leurs Thermomètres. Dans la conſtruction des Piromètres, le point de la plus grande condenſation dépend de la température variable de l'air : auſſi ces deux inſtrumens ne ſervent-ils qu'à indiquer, par leur graduation, la différence des dilatations ſuivant les divers degrés du feu dont ils ſont pénétrés ou qu'ils contiennent.

8. En conſidérant le feu actuellement exiſtant dans un corps (§. 6. n° 2.) on voit que

les effets de ſon activité dépendent non-ſeulement de la quantité & de la viteſſe de la matiere ignée, mais encore de la maſſe du corps qui la contient. On fait cette obſervation toutes les fois qu'on veut réduire deux fluides d'une égale denſité à la même température, le plus denſe ayant beſoin d'un plus grand degré de feu : auſſi quand l'activité & le degré de feu que deux corps contiennent ſont proportionnels à leur maſſe reſpective, ils ſont également chauds.

Il eſt néceſſaire d'obſerver ici que, quand nous touchons deux corps d'inégale denſité réduits tous deux à la même température, il nous paroît que le plus denſe eſt encore le plus chaud ; parce que dans le corps denſe la main touchant une quantité plus conſidérable de particules qu'elle n'en touche dans le corps qui a moins de parties ſolides, elle excite en nous une ſenſation plus forte ou moindre en proportion du plus grand ou du plus petit nombre des particules touchées.

9. En conſidérant enfin la maniere & la loi avec leſquelles le feu pénétre les corps (§. 6. n° 3.) on voit que la diverſité des modifications dépend des différences qui ſe trouvent, ou dans l'activité du feu ſeulement, ou dans le tems de ſon application, ou dans

la ſuperficie, la qualité & la maſſe des corps qu'il environne : car il ſuffit qu'une ſeule de ces cauſes ſoit différente, pour que la modification produite le ſoit auſſi.

Poſez effectivement dans le même feu deux morceaux de même fer, mais de maſſe inégale ; on voit le morceau de maſſe moindre s'échauffer beaucoup plutôt que l'autre. Si l'on augmente la ſuperficie de celui qui a le plus de maſſe en l'applatiſſant ſous le marteau, il s'échauffe en moins de tems : on remarque également cette diverſité d'effets en comparant un morceau de fer avec une pierre ou un autre corps poſé dans le même feu.

Ce que nous avons dit de la facilité avec laquelle le feu s'inſinue dans les corps, doit s'entendre pareillement de celle avec laquelle il ſort des corps & s'éloigne de ſon foyer : car quand le feu qui exiſte dans les corps, eſt plus conſidérable que celui qui les environne extérieurement, il ſort de ces corps & s'en éloigne en s'étendant également de toutes parts ; ſon activité diminue à meſure qu'il s'étend & qu'il s'éloigne davantage du corps dont il ſort, & les loix ſelon leſquelles ſe fait cette propagation dépendent de la quantité dont ce feu exiſtant

dans le corps ſurpaſſe celui qui environne ce corps même. Ces loix dépendent encore du tems, de la ſuperficie, de la qualité & de la maſſe du corps; elles ſont toujours différentes ſelon que ces choſes varient en totalité ou en partie.

10. Après avoir examiné les diverſes circonſtances qui concourent à modifier les effets du feu, après l'avoir conſidéré ou dans un eſpace déterminé ou exiſtant dans un corps, après avoir examiné la maniere & la loi dont il s'inſinue dans les corps ou s'en éloigne; il faut voir ces différentes modifications dans l'inflammation & dans la deſtruction des corps combuſtibles: ſoit que le mouvement igné qu'on excite dans un corps combuſtible ſe manifeſte ſous la forme de la flamme ou du charbon ardent, on obſerve toujours que ce mouvement ſe produit de deux manieres;

Ou en appliquant au corps combuſtible une quantité de feu extérieur;

Ou en augmentant le mouvement du feu contenu dans le corps combuſtible.

11. Si l'on conſidere dans les corps combuſtibles la facilité avec laquelle ils s'enflamment, on peut les diviſer en deux claſſes. On met dans la premiere les corps combuſtibles,

comme l'eſprit-de-vin rectifié, le ſoufre, &c. dans leſquels, en mettant le feu dans une partie, il ſe communique aux autres juſqu'à une diſſolution totale.

On range dans la ſeconde claſſe les corps combuſtibles, comme le charbon, la majeure partie des végétaux, &c. dans leſquels le feu ne peut ſe propager ſi l'on n'en applique continuellement un nouveau, ou ſi l'on n'augmente le mouvement dans les parties enflammées, ou enfin ſi ces corps ne ſont pas placés de maniere que le feu, en s'échappant des parties enflammées, puiſſe rencontrer à proximité d'autres parties combuſtibles qui ne ſoient pas encore allumées.

12. Le degré du feu qu'excite le mouvement igné dans les corps combuſtibles de ces deux claſſes & qui les conſerve dans l'état d'inflammation lorſqu'ils ſont allumés, eſt différent ſuivant la diverſe qualité des corps mêmes. Car il faut un degré de feu plus grand dans chaque corps combuſtible, à proportion de la raréfaction de l'air qui l'environne ou de la difficulté d'éloigner du corps combuſtible déjà allumé, la fumée ou les autres matieres qui ne peuvent ſervir d'aliment au feu.

Dans ces deux cas, il eſt néceſſaire, pour que le corps combuſtible ſe conſerve entiè-

rement, ou d'y appliquer continuellement un nouveau feu, ou d'augmenter le mouvement de celui qui eſt déjà dans le corps combuſtible.

13. On voit facilement par ce que nous venons d'expoſer combien eſt vaſte la ſcience des effets du feu ſur les corps; la diverſité de ſes effets provenant non-ſeulement du tems, de la ſuperficie, de la qualité, de la maſſe des corps auxquels il s'applique, & d'autres matieres qui les environnent; mais encore des modifications qui proviennent de la quantité de la matiere ignée & de la viteſſe avec laquelle elle ſe meut.

14. C'eſt pourquoi la force de la poudre ſe manifeſtant dans les armes à feu, dans les bombes, dans les fourneaux des mines, &c. à proportion que cette poudre s'enflamme, il s'enſuit clairement des modifications infaillibles dans ſes effets, ſuivant la qualité & la proportion des ingrédiens qui la compoſent, ſuivant la nature de l'air qui l'environne & les autres circonſtances qui ſeront indiquées en tems & lieu. Comme il n'eſt pas toujours dans notre pouvoir de déterminer toutes les circonſtances qui concourent à ſon inflammation & à ſa totale deſtruction, nous ne pouvons pas être certains de produire

les mêmes effets avec la même quantité de poudre employée dans les mêmes armes.

CHAPITRE II.

Du Soufre, du Charbon, du Salpêtre & de leur jonction.

15. On appelle ſoufre un corps compoſé de l'acide vitriolique & d'une matiere combuſtible ; on le place dans la claſſe des minéraux, parce qu'on le tire des entrailles de la terre.

Le ſoufre expoſé à un degré de feu modéré ſe liquéfie & ſe ſublime en petits flocons appellés fleurs de ſoufre ; ainſi lorſqu'il ſe trouve mêlé avec des matieres hétérogènes, le moyen de l'épurer eſt de le ſublimer.

16. La propriété du ſoufre eſt de s'enflammer, de brûler & de ſe détruire entièrement quand il eſt expoſé dans un air libre à un degré de feu un peu actif & ſupérieur à celui qui eſt néceſſaire pour le liquéfier ; parce que le mouvement igné ſe propage en lui avec facilité, on l'emploie dans la compoſition de la poudre.

17. Le ſoufre s'enflamme & brûle plus

difficilement à proportion que l'air qui l'environne eſt plus raréfié. Si on vouloit l'allumer dans un récipient dont on ait pompé l'air exactement, il faudroit y appliquer continuellement un degré de feu bien ſupérieur à celui qui eſt néceſſaire pour l'enflammer dans un air libre : il faudroit encore que le récipient fut de grandeur porportionnée à la quantité de ſoufre qu'on voudroit brûler, afin que la fumée trop condenſée n'en pût empêcher la conſommation totale (§. 12).

L'embrâſement qui détruit la matiere combuſtible & par lequel l'acide vitriolique s'exhale en vapeur, donne l'unique moyen de décompoſer le ſoufre.

18. On définit le charbon, dont nous nous ſervons pour faire la poudre, un corps compoſé de matiere combuſtible & de parties terreſtres denſes contenues dans les végétaux.

Pour faire le charbon, on brûle ces végétaux de maniere qu'ils ne s'enflamment point, & alors une partie de la matiere combuſtible qu'ils contiennent, s'unit intimement avec les parties terreſtres les plus denſes.

Le charbon ne peut être décompoſé que par le feu qui, au commencement de l'inflammation, ſépare la matiere combuſtible

des parties terreſtres qu'on appelle cendre lorſqu'elles ſont ainſi déſunies.

19. Lorſque le charbon eſt expoſé dans un air libre à un degré de feu ſuffiſant, ſa principale propriété eſt de brûler & de ſe conſumer en formant quelquefois une petite flamme bleue : cependant le plus ſouvent il étincelle & rougit ſans qu'il paroiſſe de flamme. Si dans cet état il eſt agité par le vent, il paroît d'un rouge plus vif & plus éclatant ; il ſe réduit plus vîte en cendre, à proportion que le vent eſt plus violent : on l'emploie par rapport à ſa propriété inflammable dans la compoſition de la poudre.

20. Généralement parlant le charbon ne paroît rouge qu'après lui avoir appliqué un degré de feu plus grand que celui qui enflamme le ſoufre : la propagation du mouvement igné, & la deſtruction totale s'operent en lui plus lentement que dans le ſoufre ; ces effets ſont différents ſelon les diverſes qualités du charbon : on obſerve que le plus léger ou celui qui contient moins de parties denſes terreſtres, s'allume & ſe détruit plus aiſément.

21. Plus l'air ſe raréfie autour du charbon, plus le degré de feu doit être grand pour l'enflammer & le conſerver rouge (§. 12).

22. Le ſalpêtre eſt formé par l'union de

l'acide appellé acide nitreux, avec un alcali fixe, que l'on tire particulierement des matieres animales & végétales qui, après la putréfaction, ſe trouvent mêlées avec les pierres, les terres & les platras : on ſépare le ſalpêtre de ces matieres en les faiſant bouillir dans une eau imprégnée d'alcali fixe.

Le ſel ſe cryſtalliſe en longues aiguilles poſées les unes ſur les autres, & la cryſtalliſation eſt l'unique moyen de l'épurer, en la répétant deux ou trois fois en proportion de la quantité des matieres avec leſquelles il ſe trouve mêlé. (*art. prat. l.* 1.) Lorſque le ſalpêtre eſt ainſi bien épuré, il a toujours les mêmes propriétés au même degré, quelles que ſoient les matieres dont il a été ſéparé.

23. Ses propriétés ſont de ſe diſſoudre dans l'eau, & plus abondamment dans celle qui eſt bouillante, que dans celle qui eſt froide, & de ſe liquéfier à un degré de feu plus grand que celui qui liquéfie le ſoufre; ſi dans cet état de fluidité le feu augmente, le ſalpêtre ſe ſublime en particules viſibles qui, raſſemblées dans la partie ſupérieure d'un vaiſſeau, ſont appellées fleurs de nitre. Lorſqu'on veut ſéparer l'acide de l'alcali ſans employer des matieres combuſtibles qui touchent immédiatement au ſalpêtre, il eſt néceſſaire de l'ex-

poſer pendant long-tems à un degré de feu très-vif, & cette ſéparation ſe fait lentement.

24. Si quelque corps combuſtible actuellement enflammé & contenant un degré de feu ſuffiſant touche immédiatement le ſalpêtre, dans le point du contact il s'excite avec bruit une flamme très-vive accompagnée de vent qui augmente l'activité du feu (§. 7). Dans cette opération l'acide ſe diſſipe en ſe ſéparant de l'alcali. Le corps combuſtible qui touche le ſalpêtre ſe détruit très-précipitamment, & le réſidu alcali ſe nomme nitre décompoſé ou nitre fixe.

25. Cette deſtruction du ſalpêtre ſe fait également dans l'air libre comme dans le vuide; pourvu que dans le vuide le mouvement du feu ſoit plus grand, pour que le mouvement igné ſe conſerve dans le corps combuſtible (§. 12).

26. Le ſalpêtre ſe décompoſe par le moyen du feu, en deux manieres.

1°. Lorſqu'un corps combuſtible actuellement allumé touche le ſalpêtre dans l'état de ſolidité.

2°. Lorſque le ſalpêtre ſe trouve dans un état de fluidité, & tellement rougi qu'il peut communiquer le mouvement igné au corps combuſtible qui le touche.

27. Dans le premier cas, ſi l'on emploie un charbon végétal enflammé, de quelque eſpece que ſoit le charbon, la décompoſition commence & continue juſqu'à l'entiere deſtruction du ſalpêtre ou du charbon; ſi donc on veut obtenir en même tems la totale deſtruction des deux, il eſt néceſſaire d'employer une quantité de charbon proportionnée au ſalpêtre: mieux ces matieres ſeront mêlées, plus le contact ſera immédiat entre les parties du ſalpêtre & du charbon, & plutôt s'enſuivra l'entière deſtruction du tout.

28. Le ſoufre enflammé ne ſuffiſant pas pour décompoſer le ſalpêtre, il eſt néceſſaire de le mêler avec le charbon. Or, quoique le charbon végétal, de quelque eſpece qu'il ſoit, rougiſſe toujours lorſqu'il eſt expoſé pendant un tems ſuffiſant à l'action du ſoufre enflammé; cependant cette rougeur ſe manifeſte plus ou moins vîte à proportion qu'il eſt compoſé d'un plus grand nombre de parties denſes terreſtres. Il ſuit de-là que, ſi on expoſe le mélange à un degré de feu qui ne puiſſe allumer que le ſoufre, pour embrâſer tout le charbon par l'intermede du ſoufre, il eſt néceſſaire non-ſeulement de proportionner la quantité de l'un & de l'autre, mais encore d'avoir égard à la qualité du charbon que l'on emploie.

Lorſque

Lorſque cette proportion entre le charbon & le ſoufre aura été déterminée ; quand elle ſera mélangée avec une quantité quelconque de ſalpêtre ; quand, pour rendre l'inflammation plus facile, ces matieres ſeront bien triturées ; on obſervera encore néanmoins pluſieurs effets différents.

Si dans ce compoſé la quantité de ſalpêtre y eſt trop abondante, les parties combuſtibles ſeront trop diviſées, & ſi on en fait l'expérience dans l'air libre où le feu appliqué à une partie du mélange ne pourra ſe propager & enflammer les autres, les matieres combuſtibles ſe trouvant en trop petite quantité, ſeront conſumées en s'enflammant toutes longtems avant la deſtruction totale du ſalpêtre.

Si au contraire la quantité du ſalpêtre eſt trop petite, elle ſera totalement détruite avant la conſommation totale de la matiere combuſtible. Pour que l'entiere deſtruction du ſalpêtre & des deux matieres combuſtibles commence, ſe faſſe & ſe termine en même tems, il eſt évident qu'on doit proportionner ces trois ſubſtances : auſſi-tôt que dans un tel mélange le ſalpêtre commence à ſe décompoſer, l'air qui ſe dégage (§. 24.) rend le charbon plus ardent, (§. 19.)

l'activité du feu augmente, (§. 7.) la flamme qui s'éleve multiplie l'inflammation & précipite l'entiere deſtruction du tout.

29. Cette maniere de décompoſer le ſalpêtre avec le charbon & le ſoufre enflammé, eſt la même que celle dont la poudre ſe brûle dans l'air libre, & dans les armes à feu.

30. Lorſque le ſalpêtre ſe détruit de la ſeconde maniere, (§. 26. n° 2.) c'eſt-à-dire, quand dans un état de fluidité, il eſt tellement rouge & pénétré du feu qu'il communique facilement le mouvement igné au corps combuſtible que l'on emploie; le degré du feu avec lequel le ſalpêtre commence à ſe décompoſer eſt toujours plus grand que dans la premiere maniere.

Fig. 1. A la platine AB, de la machine pneumatique, ſi on adopte un dé C de cuivre battu & mince dont la convexité ſoit renverſée; qu'on mette dans ce dé un mélange de ſalpêtre, de ſoufre & de charbon, qu'on y applique un fer rouge concave en D, de maniere qu'il environne exactement le dé, on voit en peu de tems le mélange s'allumer & ſe détruire entierement.

Qu'on mette de nouveau dans le dé une égale quantité de même mélange, & qu'on mette deſſus la platine un récipient de verre

dont on pompe l'air, à meſure que celui-ci ſera plus raréfié, quoique le fer rouge y ſoit appliqué au même degré, la conſommation ſera plus tardive: ſi même l'air en étoit pompé autant qu'il eſt poſſible, la décompoſition du ſalpêtre ne commenceroit qu'après ſa liquéfaction après celle du ſoufre, & après différentes ébullitions.

31. Pour enflammer la poudre dans le vuide, il faut employer cette ſeconde maniere; car elle ne brûle que lorſqu'elle eſt liquéfiée, & que l'ébullition s'eſt manifeſtée dans la liqueur.

32. Quand le ſalpêtre eſt décompoſé dans un vaiſſeau bien fermé de l'une ou l'autre maniere ſuſdite, ſi on laiſſe refroidir le vaiſſeau & qu'on y ouvre un petit trou, on ſent auſſitôt un vent ſortir plus ou moins fort & plus abondant, ſelon la quantité plus ou moins grande de ſalpêtre employé dans l'expérience. Ce vent provient du mouvement d'un fluide élaſtique qui ſe développe par la deſtruction du ſalpêtre: ce vent eſt différent de la fumée, & il eſt très-néceſſaire de le diſtinguer d'elle. Outre que l'on peut ſéparer en partie le fluide de la fumée, celle-ci s'attache aux parois internes du vaiſſeau après quelque tems & n'y produit aucun effet; au contraire ce fluide

élaſtique manifeſte ſa force & ſes effets après un intervalle de tems quelconque ; il eſt donc clair que ce fluide eſt permanent : c'eſt dans ce fluide élaſtique permanent que conſiſte preſque toute la force de la poudre. On obſerve que cette force eſt toujours plus conſidérable quand le feu eſt préſent, que quand il ne l'eſt pas.

33. Quoique la proportion du corps combuſtible, enflammé dans le vaiſſeau, fermé ſoit telle qu'elle puiſſe détruire totalement le ſalpêtre ſelon la première maniere, (§. 26 n° 4.) ſi la capacité du vaiſſeau relativement aux matieres que l'on emploie dans l'expérience eſt trop petite ; ſi à cauſe du contact trop diviſé des parties nitreuſes & combuſtibles, il faut un tems conſidérable pour leur deſtruction ; l'abondance de la fumée renfermée dans le vaiſſeau, arrêtera la deſtruction du ſalpêtre, le corps combuſtible s'éteindra, & il faudra ſe ſervir de la ſeconde maniere en y appliquant continuellement un degré de feu plus conſidérable.

34. L'expérience ſuivante prouve que ce fluide élaſtique permanent provient du ſalpêtre ſeulement : car ſi en brûlant du ſoufre & du charbon dans le même vaiſſeau fermé, on le laiſſe refroidir & qu'on ouvre le même

trou ; on ne ſentira point de vent ſortir de cette expérience & de toute autre ſur le même objet. On peut déduire que l'inflammation de ces deux corps combuſtibles ne détruit point le fluide élaſtique qui ſubſiſte après un intervalle de tems quelconque. Il eſt vrai cependant que la fumée qui ſe développe dans le tems de l'inflammation de ces matieres combuſtibles eſt élaſtique ; mais auſſitôt qu'elle eſt denuée de chaleur, non-ſeulement elle perd l'élaſticité ; mais même elle abſorbe une quantité d'air naturel & une partie du fluide élaſtique permanent qui ſe développe par le ſalpêtre, toutes les fois que ce fluide permanent ſe trouve mêlé avec la fumée : c'eſt ce qu'on verra mieux encore ci-après.

35. Des expériences, rapportées juſqu'ici concernant la deſtruction du ſalpêtre par le moyen d'un mélange de ſouffre & de charbon enflammé & par celles que l'on peut faire pour le même objet avec les corps combuſtibles dont nous avons parlé, on déduit conſtamment les propriétés ſuivantes.

1°. Il faut un certain degré de feu pour allumer les deux corps combuſtibles & pour détruire le ſalpêtre.

2°. Ce degré de feu doit être plus grand à proportion que l'air naturel qui environne

ce mélange eſt plus rarefié, ou que la fumée eſt plus denſe dans le lieu où l'inflammation a commencé.

3°. La deſtruction du ſalpêtre étant toujours ſucceſſive, elle s'opere dans un tems plus court, à proportion que le contact des parties nitreuſes ou combuſtibles eſt plus intime ; ce que l'on n'obtient que par un mélange exact & par une proportion convenable de ces matieres.

4°. Il ſe développe par la deſtruction du ſalpêtre un fluide élaſtique qui ſe conſerve permanent pendant un intervalle de tems quelconque.

CHAPITRE III.

De la Poudre.

36. LA poudre à tirer eſt une matiere compoſée de charbon fort léger, de ſoufre & de ſalpêtre bien épuré. On met ces matieres dans un mortier de bois où par une longue trituration on opere dans toute la maſſe du mélange un contact également intime entre les parties nitreuſes & combuſtibles. On emploie de l'eau de tems à autre pour arroſer le

mélange, pour former la pâte qui doit ſe réduire en petits grains & pour empêcher dans le tems de la trituration, que les parties les plus fines du ſoufre & du charbon ne ſe diſperſent; ce qui altéreroit la proportion néceſſaire des trois ingrédiens de la poudre.

Les Poudriers ſont plus ou moins longtems à la broyer en proportion du plus ou moins de ſalpêtre qui entre dans ſa compoſition; mais quand par le broiement on croit être parvenu au parfait mélange des matieres, on fait alors avec la pâte ces petits grains qui, éant ſecs, s'appelle *Poudre à tirer.*

37. Dans la fabrique de la poudre, on ne voit rien qui puiſſe lui ôter aucune des propriétés obſervées, ſoit dans chacune des ſubſtances qui la compoſent, ſoit dans leur combinaiſon. Le défaut d'un corps combuſtible capable de produire par lui ſeul la deſtruction totale & prompte du ſalpêtre, fait qu'on emploie dans la compoſition de la poudre le ſoufre & le charbon; le ſoufre, parce qu'il s'enflamme aiſément, quoique le degré de feu qu'il produit ne ſuffiſe pas pour décompoſer le ſalpêtre: le charbon, parce que ſon inflammation étant plus lente, ainſi que la propagation du feu dans toutes ſes parties, il acquiert, lorſqu'il devient rouge, un degré

de feu plus actif que le ſoufre & capable de produire l'entiere décompoſition du ſalpêtre : c'eſt auſſi de la combinaiſon la plus parfaite de ces deux compoſés combuſtibles qu'on doit eſperer la plus ſûre & la plus prompte diſſolution du ſalpêtre, quand toutefois, ſa quantité leur eſt proportionnée : car ſi cette quantité étoit trop forte, le feu ſe propageant dans les parties combuſtibles, plus difficilement à proportion que l'excédent du ſalpêtre ſeroit plus conſidérable, il pourroit arriver quelquefois que le feu ne ſe propageât pas d'une maniere ſenſible ; en effet, ſi à un mélange compoſé de quatorze parties de ſalpêtre, d'une de ſoufre ſeulement & d'une de charbon, on applique le feu avec un charbon enflammé, on voit ſeulement brûler les parties du mélange qui touchent le charbon, ſans que la flamme qui s'éleve ſe communique aux autres parties où le feu ſe propage.

Si au contraire le ſalpêtre eſt en moindre quantité qu'il ne doit être, eu égard aux autres matieres combuſtibles, lorſqu'on applique le feu dans une extrémité, les parties du ſalpêtre étant trop diſperſées, la flamme qui ſe manifeſte dans ſa diſſolution eſt trop foible pour ſe propager dans les autres par-

ties du mélange. Alors la deſtruction du mixte demande un tems beaucoup plus long, & la quantité du fluide élaſtique permanent qui ſe développe & de laquelle dépend la plus grande partie de la force de la poudre, eſt moindre; c'eſt ce qu'on obſervera en brûlant une mixtion faite de parties égales de ſoufre, de charbon & de ſalpêtre.

38. On doit cependant trouver néceſſairement une proportion parmi les ingrédiens de la poudre qui produiſe ſûrement la deſtruction la plus prompte du mélange & par laquelle on retire dans un tems déterminé la plus grande quantité poſſible du fluide élaſtique permanent. C'eſt cette proportion qui conſtitueroit la poudre de la meilleure qualité : or il eſt clair que la bonne proportion exiſte entre ces doſes des expériences rapportées dans le paragraphe précédent.

39. Dans les premieres années de l'invention de la poudre en Europe, la proportion des trois compoſés & la groſſeur des grains varierent beaucoup; ce qui fit donner différentes dénominations à la poudre, ſelon les différences de groſſeur & de proportion.

Au commencement de ce ſiecle la poudre fut preſque réduite partout à trois proportions & à trois groſſeurs différentes pour les

grains ; à préſent toute l'Europe emploie à la guerre une ſeule eſpece de poudre : mais comme dans cet examen, on obſervera que les propriétés de la poudre ſont modifiées par la qualité de ſes ingrédiens & par la groſſeur de ſes grains. Pour ne point répéter à chaque page la deſcription des différentes eſpeces de poudre que nous confronterons, nous les décrirons ici ſuivant les dénominations conſacrées par l'uſage moderne : obſervant une fois pour toutes, que tout ce qu'on dira des modifications de chacune de ces poudres, doit s'appliquer à toute autre eſpece de poudre différente.

40. La poudre compoſée avec cinq parties de ſalpêtre, une de charbon & une de ſoufre & grainée de maniere qu'on puiſſe aiſément l'introduire dans la lumiere des nouveaux fuſils, s'appelle *poudre à mouſquet* ; cette même poudre s'appelle *poudre à canon*, quand la groſſeur de ces grains eſt deux ou trois fois plus forte que celle des grains de la poudre à mouſquet. La poudre qui eſt compoſée avec ſix parties de ſalpêtre, une de charbon & une de ſoufre & dont les grains ſont de la même groſſeur que celle des grains de la poudre à mouſquet, s'appelle *poudre ordinaire de guerre* ; elle s'appelle poudre fine

de guerre, quand ces grains ſont environ de la moitié plus petits; lorſqu'en conſervant la même proportion, on donne aux grains la groſſeur de ceux qui forment la poudre fine de guerre & qu'on emploie un charbon moins denſe, elle s'appelle alors *poudre de chaſſe*; enfin la poudre compoſée avec ſept parties de ſalpêtre, une de charbon & une de ſoufre & dont les grains ſont de la même groſſeur que ceux de la poudre de chaſſe, s'appelle *poudre d'artifice.*

41. Ces choſes établies, nous tâcherons de prouver que la poudre, quand on y applique le feu ou quand elle brûle, conſerve conſtamment les mêmes propriétés obſervées dans la combinaiſon de ſes ingrédiens, (§. 35.); mais cependant avec les modifications que doit produire la proportion de ſes compoſés par l'exactitude du mélange, par la groſſeur des grains, & par les autres cauſes qui s'indiqueront.

42. Tous les degrés de feu ne ſont pas ſuffiſans pour enflammer la poudre; car ſi on ne lui donne que le degré néceſſaire pour allumer le ſoufre, on verra en réſulter les effets indiqués, (§. 28 & 35. n° 1.) comme le prouve l'expérience ſuivante; qu'on jette pluſieurs grains de poudre près de quelques charbons

allumés, les grains contigus aux charbons s'enflamment ſur le champ, & la deſtruction en eſt ſi ſubite qu'on ne peut la diſtinguer de l'inflammation du ſoufre. Mais les grains un peu éloignés du feu, jettent peu de tems après une petite flamme bleue qui, après un intervalle de tems ſenſible, commence à devenir plus claire: on apperçoit en elle un mouvement plus grand qu'auparavant, & l'on y diſtingue très-bien la foible & progreſſive deſtruction du ſalpêtre. Le mouvement igné augmentant tout-à-coup, les grains ſe brûlent, tandis que dans d'autres la flamme bleue ſe diſſipe ſans qu'ils ſoient détruits. Enfin, les grains les plus éloignés de la braiſe, s'échauffent ſans jetter de flamme & ſans ſe détruire. On obſerve les mêmes choſes & plus ſenſiblement, lorſque quelques grains de groſſe poudre ſont poſés ſur une lame de fer qu'on approche ou qu'on éloigne de la braiſe pour la faire échauffer à divers degrés, & lorſqu'on dirige ſur quelques grains de poudre, les rayons ſolaires réunis par le moyen d'un verre convexe, pourvu qu'on produiſe divers degrés de chaleur en augmentant ou en diminuant le cercle formé par la réunion des rayons.

43. Ces expériences prouvent que la pou-

dre eſt ſujette à tout ce qui arrive aux autres corps combuſtibles qui paroiſſent rouges ou enflammés, ſans que dans ce moment même ils ſoient entiérement conſumés par le feu : il eſt donc néceſſaire de diſtinguer dans chaque grain l'inflammation & l'entiere deſtruction. Cette deſtruction, qui n'eſt pas ſenſible lorſqu'on applique le feu à deux grains de différentes groſſeurs, produit cependant une grande différence dans la force de deux quantités égales de poudre, faite ſuivant la même proportion, compoſée d'ingrédiens d'une même qualité & qui ne different l'une de l'autre que par la groſſeur des grains. C'eſt ce que démontre parfaitement la confrontation de la poudre à canon avec celle à mouſquet.

44. Nous nous ſervirons de l'expérience ſuivante pour prouver que le degré du feu pour allumer la poudre, doit être plus grand à proportion que l'air qui l'environne eſt plus raréfié, ou que la fumée eſt plus denſe, (§. 35. n° 2).

A la platine A B de la machine pneumatique on joint le dé C de cuivre battu & mince en mettant ſa convexité en haut : dans ſa concavité D, on emboîte exactement un fer rouge M, lorſqu'on veut allumer la poudre Fig. 2.

poſée ſur la convexité C : on adapte un anneau mobile de fer blanc F G autour de ce dé, de maniere que couvrant avec la poudre la convexité C, une partie de cette poudre demeure ſur l'anneau qui l'entoure.

Les choſes ainſi diſpoſées, ſi on introduit le feu rouge M en D lorſque la poudre poſée en F C G eſt dans l'air libre ; le dé échauffé preſque auſſi-tôt, allume la poudre qui eſt ſur ſa convexité C, & l'autre poſée ſur l'anneau F G.

Mais au contraire, ſi on poſe deſſus la platine A B un récipient de verre dont l'air a été pompé à divers degrés, & qu'on applique de la même maniere le fer rouge au même degré, on voit que la poudre en C, eſt plus lente à s'enflammer & qu'une plus ou moins grande partie de la poudre en F G, reſte entiere ſelon qu'on a pompé plus ou moins d'air du récipient ; & même lorſque le vuide a été fait auſſi exactement qu'il eſt poſſible, la poudre ſur la convexité C, ſe liquéfie avant de s'allumer, après quelques ébullitions, elle brûle tout d'un coup & ſe détruit en environnant de ſa flamme la poudre contiguë F G poſé ſur l'anneau ; celle-ci ne ſe liquéfie point pour cela, elle reſte intacte en partie ſur la platine où elle a été pouſſée par la flamme.

+ ſur l'anneau, & en partie

45. Cette derniere expérience prouve que la poudre ſur l'anneau, étant dans un air très-raréfié, ne s'allume point, quoiqu'elle ſoit environnée de la flamme de la poudre contigue qui brûle ſur la convexité du dez. Dans ce cas, la poudre allumée, ſe répandant de tous côtés dans le récipient qui eſt d'une capacité beaucoup plus grande que le volume qu'occupe la poudre, les grains qui reſtent entiers ne ſont environnés que d'une partie du feu de la poudre allumée. Si on faiſoit une autre expérience où la poudre employée rempliroit toute la capacité du vaiſſeau ; on obſerveroit également dans ce ſecond cas que, quoique le feu ſoit reſſerré dans un plus petit eſpace, la quantité de poudre qui s'allume, diminue cependant à proportion que l'air naturel contenu entre les grains ſe raréfie davantage.

A B C eſt un tuyau de bronze ou de fer, Fig. 3. dont les parties C C s'adaptent aux vis V V d'un récipient de cuivre battu V X Z, dont la capacité eſt d'environ ſoixante & dix pouces cubiques. La capacité D F du tuyau où ſe met la poudre, ſe diminue à volonté par le moyen des anneaux G de calibre juſte & de diverſes longueurs, qu'on place de maniere qu'ils touchent le fond F de la capacité D F. A H I eſt un canal de figure conique de A en H, &

cylindrique de H en I, plus court que le tuyau A B C d'un demi-diamètre D D. Dans ce canal on place la baguette de fer K L M, travaillée dans la partie conique K L, de maniere qu'elle s'adapte exactement au canal conique A H, & empêche le paſſage de l'air : la partie cylindrique L M de la baguette doit être un peu plus longue que le petit canal H I. Le chapiteau N N O de laiton, dont l'ouverture O O eſt moindre que celle du tuyau, s'applique par ſa partie N N creuſée en ſpirale à l'extrémité B B du tuyau.

Pour ſe ſervir de ce tuyau on diminue la capacité D F avec un anneau G, de maniere que ce qui reſte D P ſoit entierement occupé par la poudre qui s'emploie dans l'expérience : on contient cette poudre avec un morceau de veſſie de porc liée fortement au filet B B. Le tuyau ainſi chargé, on l'adapte à la ſpirale V V du récipient qui, poſé ſur la barre X Z, tient le tuyau perpendiculaire avec l'ouverture D D tournée du côté de la platine. Si on fait enſuite rougir la pointe M de la baguette & qu'on l'introduiſe dans le tuyau A H I en la pouſſant fortement, qu'arrive-t-il ? La pointe M de la baguette, ſaillant en-dehors du tuyau en I, ſans pourtant toucher à la veſſie, allumera la poudre

en

en R, & la veſſie crevera par ſon inflammation.

Si l'on fait cette expérience avec un poids d'environ vingt-quatre grains peſans de poudre ordinaire de guerre, lorſque le récipient ſera placé de maniere que l'ouverture inférieure XZ, réponde à un grand vaiſſeau, quelque répétée que ſoit l'expérience, jamais on ne trouvera de grains de poudre non-brûlés dans ce vaiſſeau; mais ſi après avoir placé le récipient ſur la platine de la machine pneumatique, on raréfie l'air ſeulement de moitié; après l'inflammation, l'on trouvera en entier ſur la platine le tiers ou environ la moitié des grains de poudre & ſi, on raréfioit l'air du récipient autant qu'il eſt poſſible, il reſteroit en entier ſur la platine les $\frac{4}{5}$ ou les $\frac{5}{6}$ de la poudre.

Dans ces trois modifications de l'air du récipient, le tuyau eſt toujours chargé de la même maniere & avec la même quantité de poudre & la veſſie de porc fortement liée en BB empêche entierement la communication du récipient avec la capacité DP du tuyau : ainſi lorſqu'on pompe l'air du récipient, il n'arrive aucune variation dans la capacité du tuyau communiquant avec l'air extérieur par le moyen du petit canal AHI,

& conſéquemment lorſque la baguette rougie eſt introduite dans ce canal, la poudre renfermée dans le tuyau & l'air contenu entre les grains, ſont toujours dans le même état quel que ſoit le changement de l'air du récipient ; c'eſt pourquoi la veſſie ſe rompant au commencement de l'inflammation, l'air qui eſt entre les grains de la poudre dans la partie DP ſe répand dans le récipient, & à proportion que cet air peut ſe raréfier davantage, la quantité de la poudre enflammée eſt moins conſidérable.

Et comme dans chacun de ces trois états différents de l'air du récipient, on obſerve que les parois internes de la partie DP du tuyau ſont bronzés par la flamme de la poudre ; on obſerve auſſi que la poudre prenant feu & brûlant en R, celle qui eſt placée au-deſſus en P, ne peut tomber ſur la platine ſans paſſer à travers le feu de la poudre allumée au-deſſous en R & ſans être environnée de ſa flamme ; ainſi dans cette expérience, quoique le feu, étant renfermé dans un plus petit eſpace, ait plus d'activité que dans celle du (§. 44.) cependant il ne peut pas allumer toute la poudre, parce que l'air dans lequel elle ſe trouve, auſſitôt que la veſſie eſt rompue, eſt trop rarefié.

46. Mais détruiſons tous les doutes qu'on pourroit former ſur cette propriété de la poudre : quand le tuyau eſt chargé comme ci-deſſus, ſi on adapte le chapiteau NO à la ſpirale BB, & qu'on mette une bourre au trou O pour retenir la poudre ; ſi on lie fortement la veſſie en QQ, & que de-là on pompe tout-à-fait l'air du récipient, on obſerve que la quantité de poudre enflammée eſt toujours d'autant plus conſidérable que le trou O eſt plus étroit, au point que, quand celui-ci eſt preſque égal au trou I du petit canal HAI, toute la poudre dans la capacité DP s'allume & ſe conſume entierement. Dans l'expérience précédente, on a vu que, quand l'air, eſt pompé à toute force du récipient, il ne s'allume qu'un cinquieme ou ſixieme de la poudre & que dans cette inflammation, une grande partie de la flamme ſe répand dans le récipient en rompant la veſſie ; tandis que l'autre ſe dilate dans la capacité du tuyau dont les parois ſont bronzés : au contraire dans celle-ci ou l'ouverture O du chapiteau eſt plus étroite que celle D du tuyau, l'air contenu entre les grains & la flamme qui s'allume au commencement de l'inflammation de la poudre, ne pouvant plus ſe répandre avec la même facilité dans le récipient, reſte en plus grande

quantité dans la capacité DṖ : & le degré de feu y devient donc plus conſidérable & conſéquemment il s'y brûle une plus grande quantité de poudre ; l'inflammation en devient même univerſelle, quand le trou du chapiteau eſt réduit au point ci-deſſus décrit, c'eſt-à-dire, preſque à la dimenſion du trou I du canal HAI.

On obſervera les mêmes effets avec toutes les eſpeces de poudre décrites dans le paragraphe quarante, comme avec la poudre de guerre ; il n'y aura de différence que dans la quantité de poudre qui ne ſera point enflammée.

47. Il eſt donc certain d'après ces expériences (§§. 44, 45, 46.) qu'il eſt néceſſaire pour enflammer la poudre, que le degré de feu ſoit plus grand à proportion que l'air qui environne cette poudre eſt plus rarefié, & qu'un moyen pour accroître ce degré de feu, eſt d'apporter un obſtacle à la dilatation de la flamme qui s'éleve dans l'inflammation de la poudre. Il faut à préſent démontrer qu'il eſt pareillement néceſſaire que le degré de feu ſoit plus grand, lorſque la fumée eſt trop denſe dans le lieu de l'inflammation de la poudre.

Les Officiers d'Artillerie obſervent journellement quand les bombes tombent dans

une terre ferme, les fuſées les premieres, que la fumée ne trouvant aucune iſſuë, le feu s'éteint dans les fuſées & que les bombes reſtent entieres ; ſi elles tombent dans l'eau ; au contraire, la fumée des fuſées ſe mêlant avec l'eau, le feu continue & les bombes éclatent.

On charge ordinairement ces fuſées avec un mélange de poudre broyée de ſoufre & de ſalpêtre ; en faiſant trois ou quatre de ces mélanges plus forts les uns que les autres & chargeant avec chacun de ceux-ci diverſes fuſées, ſi après y avoir mis le feu, on les place dans une terre également ferme (ou que de toute autre maniere que ce ſoit, on empêche l'évaporation de la fumée) en ouvrant les trous après quelques minutes, on voit dans les différentes fuſées que la quantité du mélange brûlé eſt plus conſidérable en proportion de ſa force, puiſque la denſité de la fumée eſt la même, parce qu'elles ont été placées dans une terre également ſolide ; il eſt donc démontré que c'eſt à un degré de feu plus grand qu'on doit une plus grande conſommation du mélange.

Il faut faire attention dans ces expériences pour éviter l'éclat de la fuſée, que la mixtion ne ſoit point trop forte ; ſi elle l'étoit, l'éclat ſeroit infaillible.

48. Ces deux premieres propriétés prouvées, il faut démontrer que, quand le feu s'applique à quelques grains de poudre, l'inflammation des grains contigus, & la deſtruction de chaque grain ſe font dans un ordre ſucceſſif (§. 36. n° 3.) & que la viteſſe avec laquelle le feu ſe répand par-tout pour allumer les autres grains, eſt plus grande que celle avec laquelle il pénètre dans la ſubſtance de chaque grain.

Il eſt démontré en méchanique que tout mouvement, quelque rapide & bref qu'il ſoit, ſe fait dans un tems fini, quoique par ſa briéveté il nous paroiſſe quelquefois momentané & indiviſible.

Par conſéquent l'inflammation & la totale conſommation de la poudre, produites par le mouvement de la matiere ignée qui ſe propage en tout ſens autour du lieu où commence l'inflammation, ſe font néceſſairement dans un tems déterminé, mais qui varie cependant ſelon l'activité du feu, ſelon la proportion des ingrédiens de la poudre, ſelon l'exactitude du mélange & ſelon la groſſeur des grains.

Lorſqu'on applique un degré de feu ſuffiſant à un grain de poudre, ſa premiere action tombe ſur la ſuperficie du grain & pénetre enſuite dans l'intérieur. (§. 43.)

A meſure que la matiere extérieure du grain brûle, il ſe dilate une flamme tout autour qui embrâſe les grains circonvoiſins, ſi le degré de chaleur avec lequel elle ſe communique, eſt ſuffiſant, & ſi la rareté de l'air qui les environne, ne s'y oppoſe; pendant ce tems-là le feu qui a allumé le premier grain continue à pénétrer vers ſon centre juſqu'à ſon entiere conſommation. Il faut donc néceſſairement diſtinguer dans l'inflammation & dans la conſommation totale de la poudre, deux actions; l'une eſt l'exploſion en tout ſens du fluide enflammé, qui en ſe détachant de la ſuperficie des grains qui brûlent, enveloppe les grains circonvoiſins: l'autre eſt la pénétration du feu de la ſuperficie de chaque grain vers ſon propre centre; mais l'activité avec laquelle le feu s'inſinue dans la matiere du grain eſt toujours moindre que celle avec laquelle il ſe répand en forme de flamme par les interſtices des grains.

49. En faiſant attention à l'obſervation ſuivante, on conviendra qu'il faut un tems déterminé pour la conſommation de chaque grain. Faites avec le mélange ordinaire, quelques grains de poudre gros comme des balles de piſtolets; ſi, quand ils ſeront deſſéchés, on met le feu à l'un d'eux, on voit aſſez ſenſible-

ment que le feu ne pénétre de la ſuperficie au centre qu'après un tems déterminé plus long ou plus court, ſuivant la groſſeur des grains même ; ainſi n'y ayant aucune autre différence que la groſſeur entre les grains ordinaires & ceux-ci, les plus petits ne doivent auſſi être détruits par le feu que dans un eſpace de tems déterminé quoique plus court; il eſt pareillement évident que l'inflammation des grains circonvoiſins ne peut ſe faire par celle des grains qui ſont dejà allumés, que dans un tems déterminé, comme on le voit clairement, toutes les fois qu'on met le feu à une traînée de poudre.

50. Mais prouvons par une expérience que les mêmes choſes arrivent encore ſucceſſivement, lorſqu'on met le feu à la poudre renfermée dans une capacite où le fluide enflammé, étant plus denſe, eſt auſſi plus actif.

Fig. 3. Qu'on adapte au tuyau (§. 45.) un chapiteau NO, dont le trou O ſoit de telle grandeur, que l'air étant pompé du récipient, il ne s'allume que la moitié environ ou un tiers de la poudre contenu dans le tuyau : ſi après avoir appliqué le feu avec la baguette rouge & l'avoir laiſſé refroidir, on introduit peu-à-peu l'air dans le récipient & qu'on détache avec précaution le chapiteau du

tuyau, on obſervera, ſi toutefois l'expérience a été faite avec attention.

1°. Que la pointe M de la baguette eſt iſolée, parce que la poudre brûlée tout autour, fait une cavité preſque ſphérique :

2°. Que chacun des grains qui forment les parois de cette cavité eſt conſumé en partie du côté de cette cavité, comme on le diſtingue au ſalpêtre fixe & à la ſuperficie lice qui ſe remarque à chaque grain.

3°. Enfin on remarque que les grains qui ſe trouvent entre la ſuperficie intérieure du tuyau & les grains qui forment les parois de la cavité ſont blanchis par l'inflammation du ſoufre & que les parois du tuyau ſont bronzés. Il eſt donc prouvé que le feu a une expanſion ſucceſſive entre les interſtices des autres grains, comme on l'a dit (§§. 45, 46) & qu'il pénètre ſucceſſivement de la ſuperficie vers le centre de chaque grain.

51. Mais il ne ſuffit pas de prouver que la conſommation de chaque grain & l'inflammation des grains voiſins de ceux qui brûlent, ſont ſucceſſives, il faut démontrer que l'activité avec laquelle le feu ſe répand en paſſant par les interſtices des grains, eſt plus grande que l'activité avec laquelle le feu pénètre de la ſuperficie de chaque grain vers le centre.

Si nous conſidérons d'abord que le fluide enflammé en traverſant les interſtices des grains, ne rencontre d'autre réſiſtance que celle de l'air naturel qui ſe trouve entre les mêmes grains, & qui eſt facile à pénétrer à cauſe de ſa raréfaction ; ſi nous conſidérons en ſecond lieu, que le feu qui s'inſinue de la ſuperficie vers le centre du grain, traverſe une matiere beaucoup plus denſe, nous appercevrons clairement que la réſiſtance dans le ſecond cas, étant beaucoup plus grande, la viteſſe du feu doit en être retardée.

Pour prouver ces vérités, l'expérience ſuivante nous ſuffit.

Qu'on prenne un canon de piſtolet dont la lumiere ſoit fermée, qu'on l'empliſſe de poudre juſqu'au bout : en mettant le feu à ce bout, le canon ſe vuide ſoudain avec éclat. Qu'on rempliſſe de nouveau le canon avec de la poudre comprimée au point qu'il y ait le moins d'interſtices poſſibles parmi les grains & qu'ils ne forment, pour ainſi dire, qu'un ſeul & même corps, le tems dans lequel ſe détruira entièrement cette ſeconde poudre allumée ſera ſenſible, & plus long.

On obſerve dans la premiere expérience la grande viteſſe avec laquelle le fluide enflammé paſſe de la bouche du canon juſqu'au

fond, en traverſant les interſtices qui ſe trouvent parmi les grains ; & dans la ſeconde expérience on découvre combien eſt retardée cette viteſſe du feu, lorſque pour parvenir juſqu'au fond, il pénètre avec difficulté dans l'intérieur de la poudre.

52. Des trois précédens paragraphes on déduit :

1°. Qu'en brûlant deux égales quantités de poudre de la même compoſition, & qui ne varient que par la groſſeur des grains, comme la poudre à canon & la poudre à mouſquet, cette derniere ſera conſumée totalement dans un tems beaucoup plus court que la premiere ; & cela, parce que les grains de la poudre à mouſquet étant plus petits que ceux de la poudre à canon, (§. 40.) ils préſentent au feu une plus grande ſuperficie ; elle produit dans le premier inſtant l'inflammation d'une plus grande quantité de matiere qui ſe détruit d'autant plus vîte encore que le feu doit parcourir un eſpace moins étendu de la ſuperficie, juſqu'au centre de chaque grain.

2°. On déduit encore des mêmes paragraphes, que ce tems plus court dépend, non-ſeulement de la moindre groſſeur des grains, mais encore de la facilité que le feu trouve à

traverſer les interſtices des grains. Il eſt clair, d'un autre côté, que la petiteſſe des grains doit être limitée ; car s'ils étoient trop petits, leurs interſtices diminueroient au point que, le feu ne pouvant plus s'y inſinuer qu'avec peine, il faudroit néceſſairement un tems plus long pour parvenir à l'inflammation totale de la poudre.

53. La poudre tamiſée eſt encore d'une forme très-irréguliere & la ſuperficie de ſes grains eſt raboteuſe. Delà il réſulte des différences dans la célérité de ſon inflammation & de ſa deſtruction. Pour remédier à ces inconvéniens, on met, dans quelques Manufactures, la poudre dans un baril placé ſur deux pivots. Après avoir tourné quelque tems ce baril, on ſépare le pouſſier ; & la poudre qui reſte dans le tamis, a ſes grains arrondis & ſuffiſamment liſſés. Lorſqu'on compare la poudre faite de cette maniere avec celle dont les grains ſont de figure irréguliere & de ſuperficie raboteuſe, on obſerve, quoique la proportion des ingrédiens ſoit préciſément la même que, la derniere s'enflamme plus facilement. Cependant comme les interſtices qui ſe trouvent entre les grains qui ont la figure ronde & la ſuperficie liſſe, ſont plus grands que ceux qui ſont formés par les grains de

figure irréguliere ; & que les interſtices ſervent à rendre plus ou moins faciles & rapides l'inflammation & la deſtruction totale des grains ; on pourroit diminuer la groſſeur des grains ronds, juſqu'au point où ces interſtices étant égaux dans l'une & dans l'autre poudre, le feu pourroit s'y dilater également, & conſumer la poudre avec la même vivacité ; ainſi, ~~parce~~ que celle dont les grains ſont irréguliers, s'enflamme plus aiſément que celle dont les grains ſont liſſés, on peut choiſir pour la groſſeur des uns & des autres, une proportion qui donnera à la poudre liſſée l'avantage ~~d'une inflammation plus prompte ou du moins d'une égale célérité.~~

54. Les propriétés de la poudre que nous avons conſidérées, ~~ſont~~ juſqu'à préſent ſont communes à toutes celles qui ont été décrites dans le paragraphe 40. Lorſqu'elles ſont bien faites, de matiere choiſies & ſéchées au même degré, elles n'occaſionnent dans ce cas de différence, que par la différente proportion des ingrédiens, que par la groſſeur des grains, par leur figure & par leur ſuperfice liſſe ou raboteuſe. Cependant quoique les matieres ſoient bonnes, ſi elles n'étoient point parfaitement amalgamées, elles s'enflammeroient & ſe conſumeroient plus difficilement, & leurs

de ſe detruire plus promptement ſurpaſſera ou compensera du moins la lenteur avec la quelle cette poudre commence à s'allumer.

effets en ſeroient variés plus ou moins ſenſiblement.

55. Il reſte enfin à démontrer que dans l'inflammation de la poudre, il ſe développe abondamment en elle un fluide élaſtique permanent (§. 35. n. 4.) d'où dépend la plus grande force de la poudre.

Fig. 4. A B C Z eſt un cylindre de bronze intérieurement vuide; dans les filets B C on viſſe une piece de métal, D E F. G G eſt une clavette pour ouvrir & fermer la communication entre les deux parties du tuyau H H. Aux filets F F on adapte un fuſil pneumatique M M, pour recevoir le fluide élaſtique qui ſe développe dans la capacité B P. On met la fiche de bronze I K L dans les filets A P, quand la poudre eſt dans la capacité P B. L *m*, eſt la lumiere, *n o* la petite plaque de fer mobile à laquelle eſt jointe une petite fuſée *p*, & toutes ces choſes ſont adaptées à la cheville K & *q r*, eſt une barre de fer liſſe qui gliſſe dans un canal par le moyen du reſſort V qui, lorſqu'il eſt libre ſe tient dans la poſition *t s*: alors en fermant la lumiere, il empêche totalement le paſſage de l'air, de maniere que, lorſque toutes ces pieces ſont viſſées & placées comme elles doivent l'être & que la barre de fer *r s* eſt dans la poſition

t s, le fluide élaſtique renfermé dans la capacité P B, quoi que très-condenſé, ne peut s'échapper d'aucune part. Q Q ſont les pivots pour placer la machine ſur un chevalet.

Pour ſe ſervir de cette machine, il faut la mettre dans une poſition verticale, de maniere que la poudre contenue dans la capacité B P ſoit dans l'endroit B X, ayant rempli d'avance avec du ſaindoux le petit canal H, afin que l'action de la poudre en B X n'agiſſe pas immédiatement ſur la clavette G G, & qu'elle n'en empêche pas l'ouverture par la craſſe qu'elle fait en brûlant. Avec un fil de ſoie attaché avec deux petits clous qui ſont placés latéralement au trou *m*, on retient le fer *q r* dans cette poſition, on charge enſuite la fuſée avec de la poudre, on remplit la lumiere L *m* de poulevrin : cela fait, on viſſe la piece I K dans les filets A P, & on met le le feu en L qui, parvenant en *m*, allume la fuſée en *o*, & brûlant en même tems le fil de ſoie, laiſſe libre le fer *q r* qui, à cauſe du reſſort *y*, s'avance en *s t*, & ferme le trou *m* ; cependant le feu de la fuſée ſe répand de *o* en *p*, & enflamme la poudre B X. Lorſque la lumiere eſt déjà fermée en *m*, & que pour plus grande ſûreté, on y a introduit une petite vis en L, auſſitôt que l'on juge que la poudre B X

eſt conſumée (ce qu'on ne peut connoître que par la grande chaleur du cylindre A B C Z, puiſqu'on n'apperçoit aucun mouvement dans la machine) on met une balle de calibre dans le fuſil pneumatique (fig. 5.) on dirige la machine vers une planche avec le demi-cercle de fer B B qui paſſant au milieu de la plaque C, s'arrête par le moyen d'une vis dans la direction que l'on veut: enſuite ayant donné un demi-tour à la clavette G G, (fig. 5.) pour que la capacité B P & celle du canon pneumatique communique enſemble, on touche la gachette A, & auſſi-tôt la balle ſort du fuſil avec impétuoſité, & pénètre la planche avec la même force qu'une très-grande condenſation de l'air en produiroit dans le fuſil.

La capacité B P peut contenir dix onces de poudre à canon, mais en y en brûlant une once ſeulement, on tire ſucceſſivement de ſeize à dix-huit coups; & à la diſtance de quarante pas, la balle percera à chaque coup une planche de trois lignes d'épaiſſeur; après ces décharges, ſi l'on ferme la clavette G G, & qu'après avoir déviſſé le fuſil, on mette à ſa place une grande veſſie, & qu'on retourne la clavette, la veſſie ſe remplit d'un fluide inviſible qui, tenu renfermé pendant pluſieurs jours, ne diminue pas ſenſiblement le volume.

Dans

Dans le froid de l'hiver, il paroît toujours élaſtique dans quelques expériences que ce ſoit : de maniere que ce fluide conſidéré relativement à ſon élaſticité, peut ſe comparer à l'air que nous reſpirons.

En ôtant la piece K I, on voit que les parois internes B P X ſont couverts de ſaletés qui, raſſemblées & examinées, forment un alcali fixe qui attire facilement l'humidité, & qui tombe en déliquium lorſqu'on l'expoſe à un air abondant en vapeurs.

56. Puiſque le fluide élaſtique qui ſe développe dans l'inflammation de la poudre produit ſes effets après un intervalle de tems quelconque, il faut conclure que dans l'inſtant de l'inflammation, le fluide qui ſe développe, & celui qui vient de ſe développer, ont la plus grande force élaſtique.

Pour prouver cette aſſertion, qu'on adapte un barometre à la machine pneumatique : ſi après avoir fait le vuide, on met le feu au dé (fig. 1.) dans le moment de l'inflammation le mercure deſcend aſſez bas, il remonte enſuite, & après quelques ondoiements, il paroît s'arrêter quelque tems au-deſſous de la hauteur où il étoit avant l'inflammation : cette fixation apparente fait connoître que le fluide élaſtique s'eſt réduit à la température de l'air ;

& l'abaiſſement du mercure au commencement de l'expérience prouve que ce fluide a une force beaucoup plus conſidérable dans l'inſtant de l'inflammation. Si, au lieu de brûler la poudre dans le vuide, on la brûle dans un air qui ne ſoit pas raréfié, on verra que ſon élaſticité eſt beaucoup plus grande lorſque le feu eſt préſent, que lorſqu'il n'exiſte plus, pourvu que l'on puiſſe diſtinguer clairement les effets de ce fluide dans ces deux tems différens.

57. On voit évidemment par ce qui a été dit (§§. 32, 34.) que la quantité du fluide permanent, eſt toujours proportionnée au ſalpêtre contenu dans la poudre brûlée, puiſque ce fluide eſt produit ſeulement par le ſalpêtre, & que la deſtruction du ſoufre & du charbon n'en produit aucun. Si l'on veut confirmer cependant cette vérité par d'autres expériences, qu'on brûle diverſes quantités de poudre, ou de la même qualité ou de qualité différente ſous le récipient de la machine pneumatique, & que l'on pompe également l'air dans chaque expérience : en obſervant le point fixe apparent du mercure, on verra que les abaiſſemens de celui-ci ſont ſenſiblement en raiſon du ſalpêtre contenu dans les différentes qualités & quantités de poudre.

58. Quoique dans les expériences des paragraphes 55, 56, 57, l'enfoncement de la balle dans la planche, & le point fixe apparent du mercure ſoit l'effet du fluide permanent développé par le ſalpêtre contenu dans la poudre, on ne peut pour cela attribuer uniquement à ce fluide, la force de la poudre dans le tems qu'elle brûle; parce qu'alors la fumée & l'air naturel contenus dans la poudre & dans les interſtices des grains, ſont auſſi dilatés par le feu.

59. De toutes les expériences faites juſqu'ici ſur la fumée, il eſt reconnu qu'elle eſt élaſtique lorſqu'elle eſt chaude. C'eſt pourquoi on croit avec raiſon que la fumée qui ſe développe lorſque la poudre brûle, doit être regardée comme une des cauſes qui concourent à ſa force.

Mais auſſi-tôt qu'elle ſe refroidit, non-ſeulement elle ceſſe d'être élaſtique, mais elle abſorbe encore une certaine quantité de fluide permanent. Quoique dans le tems de l'inflammation on ne puiſſe ſéparer la fumée du fluide élaſtique pour meſurer ce que chacun donne de force à la poudre, on peut néanmoins aſſurer que la plus grande partie de cette force dépend du fluide permanent.

60. L'air naturel, mêlé parmi les grains

de poudre, & celui qui eſt retenu dans les grains mêmes ſe dilatant auſſi dans le tems de l'inflammation, contribuent pareillement à la force de la poudre; il n'eſt point difficile de meſurer l'action de ces deux airs, quoiqu'elle ſoit peu de choſe en comparaiſon de l'élaſticité du fluide permanent qui ſe développe de la poudre qu'on emploie maintenant à la guerre.

61. De ce qui précède, on déduit facilement que la moindre longueur des portées des armes à feu (lorſqu'elles ſont échauffées par les décharges précédentes, ou lorſque l'air de l'atmoſphere eſt plus rarefié par la chaleur) ne ſe doit point attribuer à la moindre élaſticité de cet air; mais plutôt à la ſeconde propriété de la poudre, qui étant environnée d'un air plus rarefié, s'allume en moindre quantité, quoique la charge ſoit la même: d'où il s'enſuit néceſſairement une portée moindre, comme on le prouvera plus en détail dans d'autres expériences ſur les armes à feu.

62. Par la même raiſon, l'augmentation de force qu'on obtient par une longue trituration de la poudre, & celle que la poudre détériorée reprend par un nouveau travail, ne viennent point, comme quelques-uns l'ont cru, d'une

plus grande quantité d'air qui ſe comprime dans la ſubſtance de la poudre pendant qu'on la travaille; mais du mélange plus exact des matieres produit par une longue trituration; d'où il réſulte que la poudre s'enflamme plus promptement & en plus grande quantité.

63. Pour confirmer cette conſéquence, il ſuffit d'obſerver que la détérioration de la poudre bien fabriquée provient de l'exceſſive chaleur ou de l'humidité.

Les Poudriers en faiſant ſécher la poudre ont l'attention de la remuer ſouvent. Après l'avoir ôté du ſoleil, ils la laiſſent refroidir avant de la mettre dans des barils, parce qu'ils prétendent que la poudre fermente dans les grandes chaleurs. En effet, ſi pendant que la poudre eſt bien chaude, on la renferme dans un baril pendant quelques heures, & qu'enſuite on la verſe tout doucement ſur une toile : on obſerve qu'une bonne partie des grains & ſur-tout ceux du milieu du baril, ſont unis entr'eux par une eſpece de colle ; ſi on examine ce fait avec attention, on connoît que l'union des grains a été produite par la grande chaleur de la poudre, qui ayant liquefié le ſoufre, & en ayant fait couler une partie d'un grain ſur l'autre, a occaſionné la réunion de ces grains, lorſque

la liqueur s'eſt refroidie; ſi au contraire on la laiſſe refroidir avant de la mettre dans les barils, on n'obſerve jamais cette union entre les grains.

La liquefaction partielle ou totale du ſoufre dans la poudre eſt toujours nuiſible à ſon inflammation & à une prompte deſtruction (§§. 27. 28.), parce qu'elle détruit le mélange exact des ingrédiens de la poudre, qu'on ne peut rétablir qu'en la travaillant de nouveau.

Si la chaleur n'eſt pas ſuffiſante pour faire liquefier le ſoufre, on voit dans les poudres fabriquées depuis quelque tems & qui ſont devenues un peu humides, on voit dis-je, une quantité abondante de pouſſier, qui n'eſt ordinairement compoſé pour la plus grande partie que de ſoufre & de charbon.

La poudre dont ce pouſſier s'eſt détaché aura donc changé de qualité après la deſſication; en effet, les grains dont le ſoufre & le charbon ſe ſont ſéparés en plus grande quantité ſe trouvent réunir deux qualités différentes; en ce qu'ils conſervent dans l'intérieur de leur ſubſtance celle qu'ils avoient primordialement, & qu'ils perdent à leur ſurface la plus grande partie du ſoufre & du charbon néceſſaire à faciliter & à accélerer l'inflammation: auſſi quand on met le feu à

ces grains la ſurface brûle lentement, juſqu'à ce que le feu pénétrant dans l'intérieur rencontre une quantité ſuffiſante de ſoufre & de charbon pour en accélerer l'inflammation. Or cette inflammation ſe propageant plus lentement, la poudre doit néceſſairement être plus foible.

Maintenant ſi on pile de nouveau cette poudre affoiblie, les grains par la trituration nouvelle deviendront homgènes tant à la ſuperficie que dans l'intérieur, & la poudre par une diminution conſidérable de charbon & de ſoufre deviendra d'une autre qualité; parce que le ſalpêtre ſera plus abondant relativement au ſoufre & au charbon, de maniere que ſi par le défaut de ſalpêtre, la poudre avant de devenir humide n'étoit point la plus forte poſſible, elle deviendra par un ſecond travail beaucoup plus forte qu'auparavant: mais ſi au contraire la poudre avant de devenir humide étoit la plus forte que l'on puiſſe faire, eu égard à la proportion de ſes ingrédiens (§. 38.), quoiqu'on la triture de nouveau, elle reſtera plus foible qu'elle ne l'étoit auparavant par la perte du ſoufre & du charbon dans la deſſication.

On peut inférer de ces remarques que la trituration ne ſert qu'à bien amalgamer les ingré-

diens de la poudre ; mais quand le contact des parties nitreuſes & combuſtibles eſt arrivé au point de perfection par la trituration & par le mélange, il eſt inutile de battre la poudre plus longtems ou plus ſouvent.

64. Il eſt inconteſtable que l'humidité qui pénètre aiſément la poudre, même celle qui a été bien ſéchée & bien fabriquée, en diminue la force. Si des obſervations journalieres ſur la poudre miſe dans des magaſins fort humides, quoique ſoigneuſement conſervée dans des barils, ne ſuffiſoient pas pour aſſurer cette vérité, l'expérience ſuivante la rendroit inconteſtable.

Que l'on peſe avec ſoin & avec exactitude une certaine quantité de poudre bien ſéchée, qu'on la mette dans une chambre tempérée & fermée où il ne paroiſſe aucune vapeur ſenſible, & qu'on l'y laiſſe pendant trois ou quatre heures ; après ce tems on trouve ſon poids augmenté en peſant de nouveau cette poudre. Cette même poudre étant expoſée à un air rempli de vapeurs, augmente beaucoup de poids en peu de tems : or l'augmentation de poids étant proportionnée à la quantité de vapeurs contenues dans l'air & à la durée du tems que la poudre y reſte expoſée, il eſt donc clair que l'humidité pénètre facilement la poudre.

65. C'eſt pourquoi ſi un degré de feu ſuffiſant ſeulement pour enflammer la poudre ſéche environne une poudre humide, l'humidité qui enveloppe les parties combuſtibles s'oppoſera en tout ou en partie à l'action du feu; il arrivera ou que les grains ne s'allumeront point, ou que l'inflammation de chacun d'eux ſera plus foible; ainſi la dilatation du feu étant moindre, la quantité des grains qui s'enflammeront tout autour ſera moindre auſſi; il en ſera de même de la pénétration du feu au centre de chaque grain, & par conſéquent leur deſtruction totale demandera un tems plus long, comme on le voit ſenſiblement lorſqu'on veut allumer de la poudre fort humide. On peut donc conclure avec raiſon que l'humidité, quelque petite qu'elle ſoit, diminue toujours l'action de la poudre.

Le ſalpêtre, lorſqu'il n'eſt pas aſſez épuré, attire auſſi plus facilement l'humidité; & par cette raiſon, & parce que les matieres qui le rendent impur en diminuent la quantité, & s'oppoſent à ſa détonation, il faut purifier autant qu'il eſt poſſible celui qu'on emploie à la fabrication de la poudre.

66. Ainſi pour que la poudre devenue humide, recouvre la force qu'elle a perdue, il ſuffit de la faire ſécher à une chaleur mo-

dérée pour éviter les inconvénients indiqués dans le paragraphe 63. Mais ſi l'humidité qui a pénétré dans la poudre a été aſſez conſidérable pour fondre une partie du ſalpêtre, il faut alors néceſſairement la broyer de nouveau pour rétablir un mélange exact entre les parties nitreuſes & combuſtibles ; enfin, ſi dans cette liquefaction la poudre a perdu une partie du ſalpêtre, ce qui ſe connoît en tamiſant une certaine quantité de poudre, ſéchée d'abord & peſée, on doit y ajoûter la quantité de ſalpêtre qui manque, & expoſer la poudre à une nouvelle trituration.

67. Nous avons fait voir que la force de la poudre dépend d'un fluide élaſtique qui ſe développe au moment de ſon inflammation, & que cette inflammation ſe fait toujours dans un tems déterminé avec une célérité relative à la proportion de ces ingrédiens, relative au contact entre les parties nitreuſes & combuſtibles, & à la groſſeur des grains, &c. On peut donc conclure que la poudre la plus forte eſt celle qui étant comparée à d'autres, ſéchée également & enflammée dans un air de même denſité, produit dans un tems déterminé une plus grande quantité de fluide élaſtique.

CHAPITRE IV.

Les propriétés de la Poudre ſont les mêmes dans toutes les armes à feu, de quelque calibre qu'elles ſoient.

68. JE crois avoir prouvé évidemment qu'il y a un degré de feu néceſſaire pour enflammer la poudre, & que la force de celle-ci dépend toujours du fluide élaſtique qui ſe développe dans l'inflammation; ainſi il me paroît ſuperflu de rapporter ici d'autres expériences pour confirmer les précédentes: mais on n'en peut dire autant de la ſeconde & de la troiſieme propriété de la poudre, (§§. 44. 48. 49.) qui n'étant pas aſſez connues ont bien ſouvent occaſionné une oppoſition de ſentimens parmi les artilleurs qui ont traité de la charge & de la longueur des pieces.

D'ailleurs ces deux propriétés, ainſi que la premiere & la quatrieme, s'obſervent dans toutes les armes à feu, & dans toute autre capacité quelconque où l'on brûle de la poudre; elles ſont de même modifiées diverſement

par les cauſes indiquées (§. 41.) & par d'autres qui s'indiqueront.

69. On obſerve en effet la ſeconde propriété dans toutes les armes, lorſqu'on y applique le feu à diverſes quantités de la même poudre; parceque, ou la totalité ou une ſeule partie des grains s'enflamment ſelon que le degré de feu qui les environne eſt plus ou moins conſidérable, & que l'air naturel qui eſt autour des grains, eſt plus rare ou plus denſe.

Par exemple, ſi une quantité de poudre à canon s'allume toute dans une piece de gros calibre; la même quantité de poudre dans une piece, de moindre calibre ne s'allumera pas en totalité. Dans une même piece chargée avec deux différentes quantités de cette poudre, la plus petite charge s'enflamme entierement, tandis que la plus conſidérable ne s'enflammera qu'en partie. Si dans cette charge plus forte on accroît la réſiſtance à l'exploſion de la poudre, par une bourre, par un boulet de calibre, &c. la quantité de la charge enflammée ſera beaucoup plus conſidérable que quand la piece eſt tirée avec une ſimple bourre & ſans boulet. Ces différences conſtituent la ſeconde propriété de la poudre, comme il a déja été vu (§§. 44. 45. 46. 47.)

70. La troiſieme propriété de la poudre s'obſerve également dans toutes les armes à feu, & dans toute autre capacité. L'inflammation de chaque grain, & celle des grains circonvoiſins, ſe faiſant toujours ſucceſſivement dans toute eſpece de poudre, les différences qui s'y remarquent dépendent non-ſeulement de la groſſeur des grains, de la proportion des ingrédiens, &c. mais encore de la capacité dans laquelle ſe fait l'inflammation. Par exemple, ſi dans deux capacités inégales on brûle deux quantités égales de poudre de guerre, le feu dans la plus petite capacité ayant plus d'intenſité, accélere la deſtruction de chaque grain, & toute la poudre eſt entiérement conſumée dans un tems plus court. La même choſe arrive quand on brûle une égale quantité de poudre de guerre dans deux capacités égales, dont l'une réſiſte à l'action de la poudre, & l'autre cede & ſe briſe au commencement de l'inflammation; parce que la chaleur étant plus forte dans la capacité qui réſiſte que dans l'autre, elle accélere la deſtruction de chaque grain.

71. Pour prouver donc que l'inflammation de la poudre dans les armes à feu de quelque calibre qu'elles ſoient, dépend de la denſité de l'air contenu dans les interſtices des grains

& du degré de feu qui les environne (§. 69.), qu'on mette dans un canon de fuſil ou de piſtolet autant de poudre ordinaire de guerre qu'il en peut tenir dans la longueur de quatre ou cinq diametres du calibre, & qu'on poſe deſſus une petite bourre de matiere difficile à allumer, que l'on ne preſſera qu'autant qu'il ſera néceſſaire pour contenir la poudre dans le fond du canon; qu'on tire ce canon dans un grand vaiſſeau fait exprès pour recueillir les matieres chaſſées : on verra dans le vaiſſeau, après le coup tiré, un certain nombre de grains de poudre non altérés par le feu, qu'il faut recueillir & peſer.

Si on répete pluſieurs fois cette expérience avec le même canon, avec la même quantité & qualité de poudre, en laiſſant refroidir chaque fois le canon, on verra que la quantité de poudre à laquelle le feu n'a pas touché, eſt preſque toujours la même dans chaque coup. Si, au-lieu d'employer un ſeul & même canon, on en emploie deux ou trois de même calibre, mais de longueur inégale entre eux, comme par exemple dans la raiſon de 1, 2, 4, & qu'on les charge avec la même quantité & qualité de poudre, & de la même maniere qu'on a dit plus haut en parlant d'un ſeul canon, on raſſemblera dans le vaiſſeau à-peu-

près intacte la même quantité de poudre ; ce qui prouve que la plus grande longueur de ces canons ne contribue point à l'inflammation d'un plus grand nombre de grains, pourvu toutefois qu'on faſſe l'expérience avec la poudre bien ſéche, & dans le tems qu'il n'y a preſque point de vapeur.

Il ne faut pas croire que les effets que nous avons obſervés dans les expériences faites avec des canons de fuſil, different de ceux que l'on remarque lorſqu'on emploie des pieces de gros calibre ; car ſi l'on charge une piece de trente-deux, avec dix livres de poudre ordinaire de guerre, & qu'on raſſemble toute la charge au fond du canon, de maniere qu'il ne reſte aucuns grains épars, après avoir poſé un bouchon ſur la poudre pour la retenir, ſi l'on place horiſontalement la piece, & qu'on la tire ſur la neige endurcie ou ſur une ſuperficie d'eau glacée, on verra clairement après le coup beaucoup d'ordures au-devant de la bouche du canon ; mais on trouvera difficilement des grains de poudre qui ne ſoient pas attaqués par le feu : mais qu'on charge de nouveau la piece avec trente livres de la même poudre, en prenant les précautions décrites ci-deſſus, & qu'on tourne la bouche de la piece d'un autre côté pour con-

noître la différence des deux coups, on obſervera après ce ſecond coup ſur la neige un certain nombre de grains, non touchés du feu ; enfin ſi on tire la piece chargée avec ſoixante livres de la même poudre, les grains épars ſur la neige, & non touchés du feu, ſeront en plus grande quantité que dans la ſeconde expérience. Après avoir prouvé par le réſultat conſtant de ces expériences que, dans quelqu'arme à feu que ce ſoit, la quantité de poudre qui s'allume eſt limitée, il ne reſte maintenant qu'à prouver que cela provient de l'intenſité du feu & de la denſité de l'air contenu dans les interſtices des grains, & que quand ces cauſes varient, la quantité de poudre qui s'enflamme dans la même piece varie auſſi, quoique les charges ſoient égales.

72. Lorſqu'un des canons ſuſdits eſt chargé avec une même quantité de poudre de même qualité, ſi, au-lieu d'un ſimple bouchon poſé légérement ſur la poudre, on en met un fortement bourré, ou que de quelqu'autre maniere que ce ſoit, on augmente conſidérablement la réſiſtance à l'exploſion de la poudre ; le coup tiré, on raſſemblera dans le vaiſſeau une moindre quantité de grains de poudre non touchés par le feu. Cette expérience eſt non-ſeulement conforme à ce qui a été prou-

vé

vé (§. 46.) puiſqu'on voit ici que le degré du feu augmente par la réſiſtance ; mais elle ſert même à confirmer que l'inflammation des grains eſt ſucceſſive.

Cependant il faut remarquer ici que l'augmentation que produit la réſiſtance dans la quantité de poudre qui s'enflamme, n'eſt pas toujours proportionnée à l'accroiſſement de cette réſiſtance ; puiſqu'on voit que dans certaines circonſtances une réſiſtance légere allume une plus grande quantité de poudre qu'une réſiſtance plus forte dans des circonſtances différentes.

Les expériences que nous avons faites avec la machine décrite dans la troiſieme figure, ont prouvé que la différente denſité de l'air contenu parmi les grains, produit des différences dans la quantité de poudre qui s'enflamme dans une arme quelconque : on peut encore s'en convaincre par des expériences très-ſimples. Chargez, par exemple, un canon de fuſil, avec une abondante quantité de poudre, retenue ſeulement par un bouchon ; tirez-le dans un grand vaiſſeau, quand l'air de l'atmoſphere eſt très-denſe, mais ſec : chargez de la même maniere une ſeconde fois le canon & tirez-le quand l'air eſt rarefié, comme il l'eſt quelquefois dans l'été à certaines heu-

de l'après-diner; laiſſez encore, pour rendre les effets plus ſenſibles, les canons s'échauffer au ſoleil : ſi vous peſez la poudre raſſemblée dans le vaiſſeau après chaque coup, vous trouverez la quantité de poudre non-altérée par le feu, plus conſidérable dans la ſeconde expérience que dans la premiere : or n'y ayant dans ces deux coups aucune différence que la denſité de l'air contenu entre les grains ; il eſt donc évident qu'elle eſt l'unique cauſe des différences qui s'obſervent dans la quantité de poudre allumée.

On ne doit donc pas attribuer la diminution dans les portées obſervée dans les tems de grande chaleur ou lorſque les pieces ſont fort échauffées par les coups précédents, à l'affoibliſſement du reſſort de l'air naturel contenu parmi les grains de la charge ; parce que ſon action, en comparaiſon de celle du fluide élaſtique qui ſe développe de la poudre, eſt à peine ſenſible ; la véritable cauſe de cet effet eſt la raréfaction de l'air qui diminue la quantité de poudre qui s'allume dans la charge.

73. La grandeur de la lumiere & ſa poſition rendent encore cette propriété de la poudre ſujette à d'autres variations. Tirez deux canons de même calibre, dont l'un ait la lumiere plus grande que l'autre, on trou-

vera dans le vaiſſeau une quantité moins conſidérable de poudre échappée à l'action du feu.

On obſerve le même effet, lorſque la lumiere d'un des deux canons eſt ſituée à une plus grande diſtance du fond de la culaſſe, quoique cette lumiere ſoit de la même grandeur que celle qui eſt placée plus près du fond.

74. Les charges qui, dans chaque élevation particuliere d'une piece, donnent les plus grandes portées, dépendent auſſi de cette propriété de la poudre. Il eſt néceſſaire, comme on l'a déja vu & comme on le verra plus particulierement, de varier ces charges à proportion que change la denſité de l'air contenu parmi les grains de poudre ou que l'on change l'élevation à laquelle on tire les pieces, ou que l'atmoſphere eſt plus ou moins chargée de vapeurs : auſſi obſerve-t-on conſtamment à ce ſujet qu'en employant en même tems deux pieces de même calibre & d'inégale longueur, dont la lumiere ſoit de même grandeur & placée au même endroit, la charge qui dans la piece la plus longue donne la plus grande portée, la donne également dans la piece la plus courte, bien-entendu toutefois que ces deux plus grandes portées des

deux pieces comparées entr'elles, ſont inégales.

75. Lorſqu'on cherche quelle eſt la charge qui produit la plus grande porrée d'une piece, ſi on commence par des charges foibles & qu'on augmente ſucceſſivement la quantité de poudre dans les charges ſuivantes, on obſerve que les portées vont en augmentant juſqu'à une charge déterminée ; après laquelle ſi on continue à augmenter la charge, les portées diminueront ſucceſſivement, quoique le recul de la piece ſoit toujours d'autant plus conſidérable que la charge eſt plus forte ; ce fait eſt une juſte conſéquence de ce que nous avons prouvé juſqu'à préſent & tient aux principes de la méchanique : ſelon ces principes, le recul & la portée doivent être en raiſon réciproque de la piece & du boulet (en faiſant abſtraction pour le moment de la réſiſtance que ces corps rencontrent) : ainſi tant qu'on emploie dans les expériences une charge qui s'enflamme toute dans la piece, le recul & la portée doivent être dans la proportion ſuſdite ; mais lorſqu'on emploie une charge qui ne s'enflamme qu'en partie, la poudre enflammée doit chaſſer non-ſeulement la bourre & le boulet, mais encore la poudre qui ne s'eſt point allumée : or la quantité des

matieres chaſſées vers la bouche du canon étant plus conſidérable, ſon poids ſe rapproche de celui de la matiere du canon qui reſte toujours le même & il en réſulte une portée plus courte.

76. Nous prouverons enfin par les expériences ſuivantes la troiſieme propriété de la poudre dans les armes à feu, de quelque calibre qu'elles ſoient (§. 70.)

Qu'on choiſiſſe pour cet effet une piece d'artillerie quelconque. Pour rendre l'expérience très-ſimple, que l'on prenne une certaine quantité de poudre qui s'enflamme toute dans la piece; cela poſé, ſi on examine les portées produites par deux charges égales de poudre qui aient la même proportion dans leurs ingrédiens; mais qui ſoient différentes dans la groſſeur des grains, comme la poudre à canon & celle à mouſquet; il arrive conſtamment, quand les autres circonſtances ne varient point, que la portée de la poudre à mouſquet ſurpaſſe de beaucoup celle de la poudre à canon: or l'action de la poudre enflammée, dépendant du fluide élaſtique qui ſe développe dans la piece, le boulet de la plus grande portée a été néceſſairement pouſſé par une plus grande quantité de fluide. Mais il a été démontré (§. 57.) que d'une égale

quantité de poudre à canon & de poudre à mouſquet (§. 57.) il ſe développe, lorſqu'elles ſe conſument entiérement, une égale quantité de fluide élaſtique ; donc dans le cas dont il s'agit le fluide ne s'eſt pas encore tout développé dans le temps que le boulet chaſſé parcourt la longueur de la piece ; donc le développement de ce fluide eſt ſucceſſif. Or comme la même choſe arrivera toujours en comparant deux autres eſpeces de poudre également proportionnées dans leurs ingrédiens & différentes ſeulement par la groſſeur des grains, on voit donc que la deſtruction de chaque grain de poudre enflammé ſe fait auſſi ſucceſſivement dans une piece d'artillerie de quelque calibre qu'elle ſoit & que la ſeule différence qu'on découvre dans cette propriété conſiſte ſeulement dans la longueur du tems, pendant lequel chaque grain s'enflamme & ſe détruit tout-à-fait.

77. Quelques Obſervateurs, regardant comme très-conſidérable la chaleur qu'excite le tirage dans une piece d'artillerie ſurtout lorſque la charge eſt entiere, ont jugé qu'il étoit impoſſible que quelque partie de poudre reſtât encore ſans être attaquée & même conſumée par le feu, lorſque le boulet commence à ſe mouvoir ſenſiblement : mais

nous avons ſuffiſamment prouvé (§§. 71. 72.) que la quantité de poudre qui s'allume dans les armes à feu eſt limitée; il ſuffit de rapporter encore ici une expérience qui prouve ſans réplique que l'inflammation & la deſtruction de chaque grain, ſont ſucceſſives.

Il eſt très-connu que la poudre fine de guerre eſt beaucoup plus forte que la poudre à mouſquet. Il eſt encore très-prouvé que, ſi l'on compare ces poudres dans la même piece en quantité égale, la portée ſera plus longue avec la poudre fine de guerre. Mais ſi de la même pâte, dont on fait cette poudre de guerre, on forme des grains quatre ou cinq fois plus gros que ceux de la poudre à mouſquet & qu'avec la même piece, on obſerve la différence des portées produites par cette poudre à celles d'une égale quantité de poudre à mouſquet, on verra que les portées de celle-ci ſont plus longues que celles de l'autre & conſéquemment que le fluide élaſtique qui pouſſe le boulet, y eſt plus abondant; mais la quantité de fluide qui ſe développeroit de la poudre en gros grains, ſi elle ſe conſumoit toute entiere, eſt abſolument égale à celle qui ſe développeroit d'une égale quantité de poudre fine de guerre qui contient plus de fluide élaſtique qu'une égale quantité

de poudre à mouſquet (comme cela eſt prouvé §. 57.) : donc dans cette expérience, le fluide ne s'eſt pas totalement developpé de la poudre à gros grains : donc la deſtruction de chaque grain eſt ſucceſſive ; puiſque l'on ſuppoſe que la charge qui a été employée, eſt telle que tous les grains doivent s'enflammer dans la piece.

78. Cette deſtruction ſucceſſive de chaque grain finit toujours hors de l'embouchure des pieces dans les charges qui ſont d'uſage pour les canons qu'on emploie maintenant. En effet, indépendamment des réflexions rapportées ci-deſſus, on voit toujours le feu ſortir en abondance par la bouche de la piece, choſe qu'on n'obſerveroit jamais, ſi toute la poudre ſe détruiſoit dans le lieu de la charge, avant que le boulet ſe meuve ſenſiblement.

79. De cette troiſieme propriété de la poudre, dépend en partie la différence des portées de deux pieces d'inégale longueur & du même calibre, chargées toutes d'eux avec la même quantité de poudre de même qualité. La plus grande portée que donne la plus longue piece provient, non-ſeulement de ce que le boulet eſt pouſſé plus longtems par le fluide en parcourant une piece plus longue, mais encore de ce que cette longueur occaſionne le développement

d'une plus grande quantité de fluide élaſtique.

Cette plus grande portée dans les pieces plus longues, s'obſerve ſeulement dans les cas où le boulet en ſortant eſt encore pouſſé par le fluide élaſtique; c'eſt-à-dire, lorſqu'arrivé à l'embouchure de la piece, le boulet n'a pas encore acquis une viteſſe égale à celle avec laquelle le fluide élaſtique ſe meut dans le même lieu.

80. L'action du fluide élaſtique ſur le boulet, tandis qu'il parcourt la longueur de la piece, eſt ſi puiſſante au commencement du mouvement qu'avec une charge plus petite, ſa portée égale quelquefois & même ſurpaſſe celle d'une charge plus forte, quoique tous les grains de l'une & de l'autre ſoient enflammés avant que le boulet commence à ſe mouvoir: cela arrive, parce que la plus petite charge occupant moins d'eſpace, le boulet parcourt une plus grande étendue dans le canon: il eſt donc plus longtems pouſſé par le fluide élaſtique. Pour ſe convaincre de cette vérité, il ſuffit d'en faire l'expérience avec un canon qui ait un diamètre & demi de la longueur de ſon calibre, on verra conſtamment que la portée ou l'enfoncement du boulet dans la terre molle, eſt plus conſidérable lorſque la charge occupe ſeulement un demi-

diamètre que quand on emploie une charge double.

Ainſi la diminution de portée qu'on obſerve dans une piece d'artillerie qui eſt ſurabondamment chargée, provient non-ſeulement de ce que la poudre qui s'enflamme, doit chaſſer le boulet & la poudre non-enflammée (§. 75.) mais encore de ce que le boulet parcourt dans la piece moins d'eſpace & reçoit l'impulſion du fluide pendant un tems plus court.

81. Par les propriétés de la poudre que nous avons expoſées, il ne ſera pas difficile d'expliquer pourquoi, dans les armes à feu chargées de la maniere ordinaire, il ne peut s'enflammer qu'une certaine quantité de poudre.

Pour bien éclaircir ce fait, il faut diſtinguer deux actions dans le fluide qui ſe développe de la poudre enflammée ; ſçavoir, l'action du feu & celle de l'élaſticité. A meſure que le fluide ſe développe des grains ardents & qu'il s'en éloigne, il emporte avec lui différentes parties combuſtibles enflammées : alors le degré du feu qu'il contient, s'affoiblit tant par ce qu'il occupe une plus grande place, que parceque la flamme ceſſe par la deſtruction des parties combuſtibles. Il arrive de-là que le fluide à une certaine diſtance des

grains enflammés, ne contient plus un feu ſuffiſant pour allumer d'autre poudre ; mais l'élaſticité, quoiqu'affoiblie par la diminution du feu, ne ceſſe pas d'agir contre les parois de la capacité.

Or comme l'inflammation de la poudre dans les armes à feu commence par la lumiere placée au fond de la capacité, il ſe développe, des premiers grains qui s'y allument, un fluide élaſtique qui s'inſinue dans les interſtices des autres grains ; mais plus ce fluide ſe dilate, plus il ſe détruit de matieres combuſtibles mêlées avec lui, plus l'intenſité de ſon feu diminue : de ſorte que ſi ce fluide a pu enflammer les grains circonvoiſins, lorſqu'il parvient à ceux qui ſont plus éloignés de la lumiere, il n'a plus aſſez d'activité pour les embrâſer ; mais il ſe développe ſucceſſivement des grains embrâſés un nouveau fluide, la chaleur augmente, elle allume ceux que le premier fluide n'avoit pu enflammer, & le développement du fluide & l'accroiſſement de la chaleur ſe multiplient peu-à-peu dans le lieu de la charge, juſqu'à ce que le boulet & la bourre commence à ſe mouvoir. Du point où commence ce mouvement, la capacité qui contient le feu, ce fluide & ces grains non-enflammés, commencent à s'aggran-

dir ; & alors, quoiqu'il ſe développe continuellement un nouveau fluide, ce feu n'augmentant point en proportion de la capacité qui s'aggrandit toujours par l'éloignement de la bourre & du boulet vers la bouche, les grains qui ne ſont pas encore allumés ne s'enflammeront point, parce qu'ils n'éprouveront pas le degré de feu néceſſaire pour les embrâſer dans un air très-rarefié par le feu qui les environne.

On conçoit aiſément par ces réflexions, comment dans les charges de poudre doſées & bourrées ſelon l'uſage ordinaire, le fluide peut par ſon élaſticité pouſſer le boulet & la bourre, & avoir en même tems une chaleur ſuffiſante pour enflammer tous les grains. On voit également pourquoi dans les charges ſurabondantes & bourrées avec la même force, la chaleur du fluide ne ſuffit pas pour enflammer les grains éloignés de la lumiere ; tandis que ſon élaſticité peut ſurmonter la réſiſtance du boulet & de la bourre & les mettre tous deux en mouvement.

82. On peut conclure de ce que nous avons dit que la forme de la capacité dans laquelle ſe fait l'inflammation de la poudre, n'influe point ſur la force du fluide élaſtique ; on peut accorder que, la même quantité de poudre ſe trouvant plus ou moins raſſemblée

ſelon la forme de la capacité, le feu qui ſe répandra par la lumiere allumera dans un tems égal plus de grains dans celle qui les réunira davantage & développera conſéquemment une plus grande quantité de fluide élaſtique : mais on ne peut pas en inférer que la forme de la capacité influe ſur la force de ce fluide. Les chambres ſphériques ſont celles qui donnent aux mortiers la plus grande portée, parce que de toutes les différentes formes de capacité égale qu'on peut donner à une chambre, celle qui eſt ſphérique à moins de ſuperficie, comme on le démontre en géometrie ; ainſi toute la poudre eſt plus près de la lumiere dans cette chambre que dans toute autre.

83. Puiſqu'il eſt prouvé que les propriétés de la poudre enflammée ſont les mêmes que celles de ſes ingrédiens raſſemblés & qu'elles ſe manifeſtent dans toutes les armes à feu, de quelque calibre qu'elles ſoient, avec des modifications différentes, ſuivant que la poudre eſt plus ou moins raſſemblée autour de la lumiere, ſelon la réſiſtance qui s'oppoſe à ſon exploſion, & ſelon les variations de l'air denſe ou humide de l'atmoſphère &c. il eſt clair qu'en employant dans la même piece une même quantité de poudre de même qualité, mais dans des tems & des lieux différents,

les effets qui en réſulteront différeront entr'eux.

Si aux variations dans la denſité de l'air, ſe joignent encore celles de l'humidité, les portées ſeront ſenſiblement plus courtes, parce que l'inflammation ſucceſſive des grains ſera plus lente : c'eſt ce qui arrive ſouvent dans les décharges qui ſe font ſur mer, ſur les lacs ou ſur les lieux marécageux, d'où s'éleve une plus grande quantité de vapeurs. On verra par les expériences qui ſeront rapportées dans la ſeconde partie, que la viteſſe initiale avec laquelle dans un tems fort humide une balle eſt chaſſée d'un fuſil, eſt à la viteſſe de la balle chaſſée du même fuſil par une charge égale dans un tems très-ſec, comme ſix eſt à ſept.

84. Mais quoi ! les expériences faites en tems & lieux différents avec des mortiers d'égale proportion & conſtruits ſur le même modéle, ſeroient donc inſuffiſantes pour faire connoître la bonté & la force des différentes poudres ? ~~Pourroit-on regarder comme inſuffiſantes les expériences faites en différents tems & lieux & en divers mortiers, faits cependant dans les mêmes proportions & ſur le même modele ?~~ Oui certainement, parce qu'indépendamment des différences que pro-

duiſent dans l'Inflammation de la poudre, la denſité & l'humidité de l'air, on obſerve encore ſouvent de l'inégalité dans la conſtruction des mortiers, quelque ſoin que l'on prenne pour les faire ſur le même modele. Ces inégalités, à peine perceptibles dans l'éxamen le plus exact d'un œil attentif, operent cependant des différences très-remarquables dans les portées de ces mortiers, tirés dans le même lieu, dans la même poſition & avec une égalité dans toutes les circonſtances auſſi parfaite qu'il ſoit poſſible.

85. Lorſqu'on veut donc s'aſſurer de la bonté & de la force de la poudre en l'éprouvant avec un mortier, il eſt néceſſaire 1°. d'avoir une poudre, faite avec beaucoup d'exactitude & gardée avec un ſoin extrême, que l'on appelle *poudre de regle*, avec laquelle on tire quelques coups ; on en tire autant avec le même mortier chargé avec une égale quantité de la poudre qu'on veut éprouver & qui doit être de la même eſpece que la poudre de regle : on compare enſuite les portées ; quand elles ſont toutes égales, nous devons être aſſurés de la force & de la bonté de la poudre éprouvée, ſi celle de regle a été conſervée ſoigneuſement : car alors il importe peu que celle-ci ait donné dans d'autres tems & dans

d'autres lieux des portées plus longues ou plus courtes, puiſque nous ſommes aſſurés par cette expérience & par cette confrontation que la poudre éprouvée a la même force.

2°. Avant d'éprouver la poudre, il faut l'expoſer au ſoleil, ainſi que celle de regle, pendant quelque tems, en uſant des précautions indiquées (§§. 63. 66.) il faut de plus faire les décharges dans un jour où l'air ne ſoit pas chargé de vapeurs.

3°. Pour diminuer les différences que l'air plus ou moins raréfié par la chaleur peut occaſionner, ſoit dans l'inflammation de la poudre, ſoit dans la réſiſtance des boulets qui ſont chaſſés du mortier, on doit faire les décharges dans le moins de tems poſſible & employer de petites charges, afin qu'elles s'enflamment toutes entieres, malgré telle raréfaction qui ſurvienne, dans l'atmoſphere ; par cette raiſon, ſi la chambre eſt cylindrique, comme elle l'eſt ordinairement dans les mortiers deſtinés aux épreuves, & que la lumiere ſoit placée à ſon fond, la charge ne doit pas ſurpaſſer la hauteur d'un diamètre de la chambre, quoiqu'il puiſſe s'y allumer une plus grande quantité de poudre, lorſque celle qu'on emploie a de la force.

4°. Enfin

4°. Enfin le mortier doit être assez solidement contenu dans un affut pesant, pour que la totalité de la machine ne puisse se déranger pendant plusieurs décharges, & il doit être toujours élevé à 45 degrés; les boulets employés doivent être de même poids, du même diamètre, & le centre de figure doit répondre au centre de gravité: sans ces précautions absolument nécessaires, on ne doit pas être étonné que les portées soient inégales & irrégulieres d'une décharge à l'autre.

Avec ces précautions, & de cette maniere, on peut comparer la force & la bonté de la poudre plus sûrement qu'avec aucune des machines qui ont été employées jusqu'à présent.

A combien de dérangemens sont sujettes les machines composées! on les évite en se servant de mortiers si solidement placés & attachés dans leurs affuts, qu'ils deviennent & qu'ils ne forment par cette union qu'une seule machine simple & solide.

CHAPITRE V.

Des charges avec leſquelles on obtient les plus grandes portées des canons.

86. LA connoiſſance des charges qui donnent la plus longue portée des canons, a toujours été avec raiſon un des principaux objets des recherches des artilleurs. Cette connoiſſance dépend de la ſeconde propriété de la poudre & ne peut s'acquérir que par des expériences faites dans les cas particuliers.

En effet, ayant prouvé dans le Chapitre précédent, que la ſeconde propriété de la poudre ſe manifeſte dans quelques armes à feu que ce ſoit (§§. 47. 71.), & qu'il ne s'enflamme jamais dans ces armes qu'une certaine quantité de poudre, qui eſt plus ou moins conſidérable ſelon la réſiſtance qu'éprouve l'exploſion du fluide vers la bouche de la piece, ſelon la denſité de l'air contenu parmi les grains (§§. 72. 74.), ſelon la grandeur & la poſition de la lumiere, ſelon la forme de la capacité qui reçoit la poudre ou ſelon l'état de l'atmoſphère, relativement aux vapeurs

qu'elle contient (§. 82.), il eſt donc impoſſible d'aſſigner invariablement la quantité de poudre convenable dans les charges, & on ne pourra ſur cet objet établir que des règles analogues à certaines circonſtances déterminées.

Or pour que ces règles ſoient utiles & concluantes, il faut les déduire des expériences faites avec les canons du calibre dont on cherche la charge & les tirer comme à l'ordinaire.

87. Dans ces expériences, on doit avoir deux choſes en vue.

La premiere de trouver, en employant la même qualité de poudre, quelle eſt, de toutes les charges, celle qui dans les mêmes circonſtances chaſſe le boulet plus loin.

La ſeconde, de ſavoir quelle eſt la plus grande quantité de la même poudre qui s'enflamme dans la piece placée dans les mêmes circonſtances.

Il eſt néceſſaire de diſtinguer & de ſéparer ces deux choſes avec beaucoup d'exactitude. On a démontré (§. 80.) qu'un plus grand nombre de grains enflammés dans la piece, ne produit pas toujours une plus grande portée : or il n'eſt pas difficile d'étendre cette démonſtration à toutes les pieces de quel-

que longueur que ce ſoit. En vain voudroit-on ſuppoſer qu'une charge quelconque ſe convertit toute entiere en fluide élaſtique, avant que le boulet commence à ſe mouvoir ſenſiblement de ſa place & que ce fluide conſerve conſtamment ce même degré de chaleur : car cette ſuppoſition dans laquelle l'on n'obſerve d'autre modification du fluide élaſtique que ſa dilatation, à meſure qu'il parcourt l'étendue de la piece, eſt détruite par les expériences que nous avons rapportées dans nos inſtitutions phyſiques & méchaniques. On voit dans cet ouvrage que la portée la plus longue ne s'obtient qu'avec une charge qui occupe ſeulement $\frac{1}{17}$ environ de la longueur entiere de l'ame de la piece, & qu'avec toute autre charge, on ne parvient qu'à des portées plus ou moins courtes, ſelon qu'elle s'éloigne plus ou moins de cette proportion : par conſéquent bien loin que les expériences qui auront été faites avec les poudres décrites dans le paragraphe quarante, puiſſent détruire nos obſervations, il eſt certain au contraire que dans les armes à feu ſurabondamment chargées, dont les balles & les bourres ſont comprimées comme on le fait ordinairement, tous les grains ne s'y enflamment point & qu'une partie du fluide élaſti-

que des grains embrâſés ne ſe développe qu'au ſortir de la bouche de la piece.

Il arrive de-là, que ſi l'on compare deux charges inégales de poudre ordinaire de guerre dont la moins conſidérable s'enflamme toute entiere dans la piece & la plus forte en partie ſeulement, on obſervera que, quoiqu'il paroiſſe devoir réſulter une plus grande portée de la plus forte charge, puiſqu'elle peut avoir un plus grand nombre de ſes grains enflammés, cependant la pratique donne des réſultats entierement contraires à cette opinion, ſoit parce que la poudre qui n'a pas été allumée, augmente le poids des matieres qui doivent être chaſſées, ſoit parce qu'une charge trop forte diminue la longueur de l'eſpace que le boulet doit parcourir dans la piece. Puiſque malgré l'inflammation d'une plus grande quantité de grains, ces charges ne donnent pas toujours une portée plus longue; puiſqu'elles augmentent la conſommation de la poudre & qu'elles donnent aux pieces des ſecouſſes plus conſidérables; notre objet principal doit être d'aſſigner préciſément quelle eſt, de toutes les charges, celle avec laquelle on obtient dans les mêmes circonſtances la plus longue portée dans chaque piece de différent calibre.

88. Il y a trois principales manieres de

faire les expériences par leſquelles on peut déterminer préciſément la charge qui chaſſe le boulet avec plus de force & qui par conſéquent donne la plus longue portée. La premiere conſiſte à trouver la viteſſe initiale du boulet près de la bouche de la piece. La ſeconde conſiſte à tirer l'arme contre un but pénétrable & homogène, dans lequel on puiſſe meſurer l'enfoncement des boulets. La troiſieme enfin conſiſte à meſurer la longueur des portées. Cette derniere maniere eſt la plus compoſée & donne les approximations les moins exactes, parce que pluſieurs des circonſtances peuvent affoiblir le mouvement du boulet & le détourner de ſa direction. Nous examinerons d'abord cependant cette maniere la plus commune dans la pratique, parce que l'on peut juger promptement par elle, de la longueur d'une portée; nous traiterons enſuite des deux autres qui nous conduiront, comme on le verra, à la ſolution de beaucoup d'autres problêmes très-importants.

Pour trouver la charge avec laquelle on obtient la plus longue portée, il eſt néceſſaire:

1°. De tirer pluſieurs fois la même piece dans des circonſtances préciſément égales, autant qu'il eſt poſſible; d'uſer des mêmes boulets

qu'on emploie communèment ; de preſſer la bourre avec la force ordinaire ; d'employer en un mot tous les moyens poſſibles pour n'avoir d'autres différences dans les tirs que la quantité de poudre qu'on fera entrer dans chacune des charges.

2°. Il faut continuer à tirer juſqu'à ce qu'on trouve une charge telle que, ſi l'on s'en écarte par excès ou par défaut, on n'obtienne que des portées plus courtes ou ſimplement égales.

3°. Il faut changer l'élevation de la piece & la tirer dans cette poſition pluſieurs fois, juſqu'à ce qu'on trouve la charge que l'on cherche.

Ayant égard à toutes les circonſtances, & voulant en même tems éviter dans les expériences cette longueur qui n'ajoûte rien à leur exactitude, les Officiers d'artillerie de Turin choiſirent d'abord, pour faire les expériences ſuivantes, la direction horiſontale & enſuite la plus grande élévation que peut recevoir la piece ſur ſon affut.

89. Les premieres expériences furent commencées le 7 Février 1746, & terminées le 30 Mars ſous la direction du Commandeur Vincenti ; on tira pluſieurs coups avec chaque piece toujours également chargée ; les épreu-

ves ne ſe firent que dans les jours tempérés & dans l'après midi.

On choiſit dans les fortifications de cette ville un terrein ſur lequel on poſa les pieces pour les expériences, de maniere qu'au moment des décharges, l'axe de ces pieces ſe trouvoit dix-ſept pieds plus haut que le ſol de la campagne où alloient tomber les boulets, & dans la direction des coups, on traça une ligne avec des pieux enfoncés en terre à la diſtance l'un de l'autre de 60 pieds. Pour éviter toute équivoque, on étiqueta ſur chaque piece un numero qui indiquoit ſa diſtance de la piece.

A droite & à gauche de la ligne de direction, il y avoit des perſonnes pour marquer exactement le point où tomboit du premier bond le boulet à chaque portée, tandis que les Officiers faiſoient les obſervations convenables ſur la piece qui alloit & venoit librement ſur un plancher ſolide & horiſontal, long de douze pieds & large de ſix.

Les calibres des canons étoient de quatre, huit, ſeize & trente-deux livres de balles, & les pieces dont l'ame étoit cylindrique & la lumiere percée à ſon fond, étoient conſtruites ſuivant les proportions marquées dans le premier livre de l'Artillerie-pratique.

Canons.	Longueur de l'Ame.	Poids du Canon.
de ll.	4 diamètres de la bouche.	27 . . . 1275 liv.
8	. . . . .	27 . . . 2540
16	. . . . .	23 . . . 4375
32	. . . . .	20 . . . 7875

On tiroit les pieces ſur leurs affuts en les chargeant avec la cuiller de différente quantité de poudre de guerre, dont les grains étoient de groſſeur ordinaire ; on avoit la précaution de faire chaſſer la bourre de la poudre avec quatre coups & celle du boulet avec trois ſeulement par le même Canonier & avec la même force, autant qu'il étoit poſſible ; ces bourres étoient de foin tortillé & proportionné au calibre des pieces ; les boulets avoient été peſés afin qu'ils fuſſent égaux de poids & leur diamètre étoit à celui de la bouche de la piece environ comme vingt eſt à vingt-un.

Les pieces étant chargées de cette maniere & dirigées le long de la ligne mentionnée, on faiſoit toutes les décharges en plaçant l'axe de la piece toujours horiſontalement ; pour cela on employoit deux niveaux, celui à pendule & celui d'eau.

Après chaque décharge, on meſuroit auſſi la longueur du recul de la piece, on plaçoit les roues à chaque coup dans la même poſi-

tion, dans l'intervalle des mêmes liens & des mêmes cloux, pour éviter, autant qu'il étoit poſſible, la plus légere différence dans les tirs : avant la décharge, on marquoit les coins de mire placés ſous la culaſſe & l'on regardoit comme nul le tirage où ces coins recevoient quelque mouvement capable de le déranger.

C'eſt avec ces précautions qu'on a fait les expériences, en commençant par tirer avec les plus petites charges & en les augmentant par degrés juſqu'à ce qu'on ait obſervé que leur augmentation diminuoit la longueur des portées ; on tira trois coups au moins avec la même charge.

Les tirs multipliés ayant fait connoître la charge qui donnoit la plus grande portée, on s'eſt attaché, principalement dans les cinq derniers jours, à éviter les altérations qui pouvoient provenir de l'état de l'atmoſphere. Dans cette vue, on a répété les expériences ſur une même piece dans la même après-dîner, en employant les charges marquées dans la table ſuivante. Par exemple, avec la piece de quatre, on a tiré trois coups avec chacune des charges de 1 liv. $\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$ de poudre ; le jour ſuivant avec la piece de huit, on a tiré trois coups, dont les charges étoient

de 3, 4 & 5 livres de poudre; le troiſieme jour on a tiré de la même maniere le canon de ſeize & le quatrieme celui de trente-deux. Enfin pour pouvoir comparer toutes les portées des différents canons, on a tiré le cinquieme jour deux ſacres ou quarts de coulevrine, dont la charge égaloit la moitié du poids de leur boulet, l'on a chargé les canons de ſeize & de trente-deux livres de balle, avec une quantité de poudre égale à un tiers du poids de leur boulet: on verra dans la table ſuivante le réſultat des expériences faites pendant les cinq derniers jours.

Calibre du poids.	Poudre pour la charge.	Longueur des portées.	Recul de la piece.
	Livres.	Pieds.	Pouces.
De 4 liv. de balles.	$1\frac{1}{2}$	852	26
	2	870	37
	$2\frac{1}{2}$	840	43
De 8 liv. de balles.	3	912	27
	4	948	38
	5	948	49
De 16 l. de balles.	4	900	25
	$5\frac{1}{3}$	936	33
	6	930	46
De 32 l. de balles.	8	864	32
	$10\frac{2}{3}$	876	42
	12	870	49

90. De ces expériences qui ont été faites avec la plus grande exactitude, on peut conclure, & regarder comme une approximation ſuffiſante, que ſi l'on tire des canons de pareils calibre & dans les mêmes circonſtances que celles de nos expériences, la charge de poudre qui donnera la plus longue portée, ſera égale à la moitié du poids du boulet dans les canons de quatre & de huit, & au tiers de ſon poids dans les pieces de ſeize & de trente-deux, quand toutefois les pieces de même calibre ſont chargées & tirées dans toutes les circonſtances mentionnées; ces expériences font connoître de plus la cauſe de deux effets importants qui en dérivent conſtamment. Ces effets ſont :

1°. Que le recul augmente toujours ſenſiblement à meſure qu'on augmente la charge; que la longueur des portées croît juſqu'à un certain point & diminue enſuite dans une proportion bien moindre que celle de l'augmentation du recul de la piece.

2°. Que la charge qui donne la plus longue portée des pieces de petit calibre, eſt plus conſidérable proportionnellement que celle des pieces de gros calibre.

91. L'expérience ſuivante fera connoître la cauſe du premier effet (§. 90, n° 2.). On

charge une piece ordinaire quelconque avec la plus grande quantité de poudre qui puiſſe s'enflammer totalement ; on n'y met point de bourre, & le coup tiré, on marque la longueur du recul.

On charge une ſeconde fois la piece avec la même quantité de poudre & un bouchon que l'on refoule fortement, la longueur du recul eſt alors plus grande que dans la premiere décharge.

On tire un troiſieme coup avec la même charge, que l'on refoule fortement, on y ajoûte un boulet de calibre, qui eſt contenu par une ſeconde bourre : la longueur du recul ſe trouvera encore plus conſidérable que dans la ſeconde expérience.

Enfin ſi on tire de nouveaux coups avec la même charge & les mêmes bouchons, & qu'au lieu d'un boulet on en mette deux, trois, &c. le recul augmentera, & la portée diminuera proportionnellement.

92. Il eſt aiſé de faire l'application de ce fait conſtant aux expériences de 1746.

Il eſt démontré (§§. 71, 75.) qu'il ne s'allume dans les pieces d'artillerie qu'une quantité limitée de poudre. Ainſi juſqu'à ce que la charge ſoit telle qu'elle s'enflamme totalement dans la piece, la quantité de fluide élaſtique qui s'y développe eſt plus conſidé-

rable à meſure que la charge eſt plus forte. Maintenant conſidérant le canon & l'affut pris enſemble comme une quantité conſtante que nous nommerons C, & les matieres chaſſés vers la bouche de la piece, c'eſt-à-dire, les deux bourres & le boulet que nous appellerons P, la longueur de la portée doit être à celle du recul en proportion de C : P. en faiſant abſtraction des effets du frottement & de la réſiſtance de l'air au mouvement du boulet.

Mais comme l'eſpace que le boulet doit parcourir dans la piece diminue à meſure que la charge augmente ; & qu'en conſéquence il eſt incité au mouvement pendant un tems plus court, cette diminution d'impulſion doit ſe défalquer de l'action du fluide élaſtique qui ſe développe en plus grande quantité, lorſque la charge eſt plus forte : d'où il ſuit néceſſairement que les portées ſont proportionnellement moins longues que les reculs, quoique les uns & les autres augmentent, lorſque les charges ſont plus conſidérables.

Mais ſi l'on augmente la charge au point qu'une partie que nous nommerons I, arrive à la bouche de la piece, ſans pouvoir s'enflammer ; alors les matieres qui doivent être chaſſées étant en plus grande quantité, il

arrivera au moins une partie de ce qu'on apperçoit, lorſqu'on met pluſieurs boulets dans la piece.

Le nombre des grains qui s'allumeront n'étant pas plus conſidérable qu'il le ſeroit dans une charge moins forte qui s'enflammeroit toute entiere, le boulet ſera pouſſé avec moins de viteſſe ; mais en même tems la réaction contre C augmentant de force, la longueur du recul ſera encore plus grande qu'auparavant.

Les matieres P + I chaſſées vers la bouche de la piece, oppoſant à l'exploſion du fluide élaſtique une plus grande réſiſtance que la ſeule matiere P, le nombre des grains enflammés & la quantité de fluide développé pendant le tems que le boulet parcourt la longueur de la piece, y étant plus conſidérable, l'augmentation abſolue de force qui s'exerce contre le canon & ſon affut, doit donc auſſi augmenter la longueur du recul, tandis que d'ailleurs la portée peut être plus petite, égale ou plus grande que celle d'une charge qui s'enflamme toute dans la piece, ſelon le rapport que l'augmentation du fluide aura avec celle des matieres P + I, & ſelon la longueur de l'eſpace que le boulet doit parcourir dans la piece.

On voit donc clairement que les portées ou les viteſſes initiales avec leſquelles les boulets ſont chaſſés doivent être moindres proportionnellement que les reculs, & que ſi l'on augmente la charge à un certain point, elles diminueront de plus en plus, tandis qu'au contraire le recul augmentera continuellement.

93. On doit donc bannir de l'artillerie les charges ſurabondantes, puiſqu'elles ne produiſent que des portées moindres ou tout au plus égales : car, outre que l'on conſomme inutilement une plus grande quantité de poudre, les pieces en éprouvent des ſecouſſes beaucoup plus fortes, qui les mettent plutôt hors de ſervice, ou qui rendent la plus grande partie des coups inutiles.

94. Les cauſes qui produiſent le recul, demandent cependant un examen plus particulier.

On obſerve deux mouvemens dans la culaſſe d'une piece au moment de la décharge, l'un de haut en bas qui produit un enfoncement dans les coins de mire & qui les jette à terre quelquefois lorſqu'ils ſont trop obtus ou mal placés; ce mouvement réfléchi porte la culaſſe de bas en haut, lorſque le centre de gravité de la piece eſt trop voiſin de l'axe des

des pivots ou que les coins de mire ſont de matiere trop élaſtique : l'autre mouvement de la culaſſe eſt de ſe porter en arriere, avec toute la machine dans une direction oppoſée à celle du mouvement du boulet ; c'eſt celui qu'on appelle *recul*.

95. Pour bien entendre la cauſe de ces deux mouvements, il faut ſe figurer une capacité réſiſtante dans laquelle la poudre s'enflamme, de maniere que la lumiere ſoit bouchée, lorſque l'inflammation commence.

Dans ce cas, il ne ſe fait aucun mouvement ſenſible, parce que le fluide élaſtique qui ſe développe, preſſant également les parois de la cavité & toutes les parties qui la compoſent s'attirant mutuellement avec une force égale, ces forces ſe trouvent en équilibre & la cavité, pouſſée également de toutes parts, ne peut ſe mouvoir dans aucune direction. Nous avons dans le ballon gonflé d'air une preuve très-ſimple de cette vérité, que nous avons déja obſervée, (§. 55. fig. 4.)

96. Mais ſi le fluide élaſtique trouvoit une iſſue ou par le moyen d'un trou fait exprès ou par quelque fente que ſon action auroit produite dans les parois, alors la cavité ſeroit pouſſée dans une direction oppoſée à ſon iſſue avec une force proportionnée à la den-

ſité & à la viteſſe de ce fluide : car l'air extérieur, n'ayant pas une adhéſion ſuffiſante avec la cavité, le fluide élaſtique qui s'échappe, ſurmontant ſa réſiſtance, le pouſſe dans une direction oppoſée à celle de la cavité, & ſi le poids de celle-ci eſt ſurpaſſé par la force du fluide, elle ſera miſe elle-même en mouvement : la colonne d'air qui la preſſe dans une direction contraire à celle du fluide, ne ſera pas ſuffiſante pour empêcher ce mouvement, parce que la réſiſtance de l'air eſt proportionnée à la viteſſe du corps qui s'y meut ; ainſi le fluide élaſtique, ſortant avec une plus grande viteſſe que la piece ne recule, il doit rencontrer dans l'air une plus grande réſiſtance : on pourroit rapporter un grand nombre d'expériences pour prouver cette vérité : mais il ſuffit d'examiner les girandes d'artifices.

97. Lorſque dans une piece d'artillerie on introduit le feu par la lumière, l'effort de la culaſſe contre les coins de mires, eſt d'autant plus grand, que le fluide élaſtique a plus de denſité dans l'endroit de la charge.

Or, comme le bouchon & le boulet ne peuvent ſe mouvoir, avant qu'il ne ſe ſoit développé une quantité du fluide élaſtique ſuffiſante pour vaincre leur réſiſtance & pour

chaſſer la colonne d'air de l'ame de la piece, ſi le bouchon eſt trop refoulé, s'il ne s'enflamme qu'une partie de la poudre, ſi on a mis plus d'un boulet dans la piece ou qu'elle ſoit plus élevée dans une décharge que dans une autre, la réſiſtance à l'iſſue du fluide étant augmentée par une ou pluſieurs de ces cauſes, il faudra qu'il ſe développe une plus grande quantité de fluide avant que le bouchon & le boulet puiſſent ſe mouvoir. Or il n'y aura point de recul (§. 95.) que ce mouvement ne ſoit commencé, puiſque juſqu'à cet inſtant, on peut regarder le bouchon & le boulet comme faiſant partie de la piece même. C'eſt pourquoi, ſi on mettoit dans l'ame du canon une telle quantité de matiere qu'elle empêchât par ſa réſiſtance l'iſſue du fluide élaſtique, il n'y auroit point d'autre mouvement dans la piece que celui de haut en bas contre les coins de mires, comme on peut le démontrer par pluſieurs expériences & le déduire facilement de tout ce que nous avons dit.

De plus, puiſqu'il s'échappe par la lumiere une partie du fluide élaſtique pendant qu'il ſe développe dans le lieu de la charge, il eſt clair que l'effort de la culaſſe contre les coins de mires qui ſe fait dans une direction oppoſée, doit commencer auſſitôt que la

poudre s'enflamme dans la piece ; mais le mouvement du recul eſt plus ou moins retardé à proportion de la réſiſtance que le fluide eſt obligé de vaincre du côté de la bouche du canon.

98. Il ſuit de ce qui précède que, ſi le mouvement de la culaſſe de bas en haut n'eſt pas entierement terminé avant que le boulet ſorte de la piece, le but ſera frappé dans un point plus élevé. Il en ſera de même ſi les diamètres des roues ſont inégaux, ſi elles ne poſent pas dans l'intervalle des liens & des cloux correſpondans & ſi la plate-forme n'eſt pas unie & ſolide : car dans toutes ces circonſtances, la piece ne reculera point dans la direction qu'elle avoit avant la décharge.

99. Pour déterminer la longueur du recul pendant que le boulet parcourt l'ame du canon, il eſt néceſſaire de remarquer qu'elle varie ſelon les diverſes circonſtances dans leſquelles la piece peut ſe trouver à l'inſtant de la décharge. Par exemple, ſi elle eſt refoulée comme à l'ordinaire & qu'elle ſoit placée ſur une plate-forme unie & horiſontale, il faut plus de force au fluide élaſtique pour mouvoir la charge que pour faire rouler la piece ſur ſon plancher : c'eſt ce qu'on obſerve, lorſqu'on veut décharger un canon avec un tire-bourre,

on amene à ſoi la piece avant que le bouchon ſoit détaché : ſi au contraire la plate-forme eſt un peu relevée, la même force qui arrache le bouchon n'eſt pas ſuffiſante pour faire monter la piece ſur le plan incliné. On obſerve auſſi des variations dans le recul, lorſqu'on change l'élevation de la piece ou que les roues tournent plus aiſément ſur leur eſſieu.

Pour donner ſur cet objet une ſolution pratique relative aux charges qui s'enflamment totalement dans la piece, ſuppoſons le canon & l'affut conſidéré comme un ſeul & même corps, = C, les bouchons & le boulet = P, la longueur de l'ame depuis le boulet juſqu'à la bouche = D, le recul de la piece ſera égale à $\frac{PD}{C}$.

Qu'on faſſe maintenant une décharge à poudre avec un ſeul bouchon & que le recul ſoit = A, qu'on en faſſe une ſeconde avec la même quantité de poudre refoulée également & qu'on y introduiſe un boulet dans la piece qui ſera poſée dans les mêmes circonſtances qu'à la premiere décharge, le recul = B ſera néceſſairement plus grand que A, & on aura A : B :: $\frac{PD}{C}$: $\frac{BPD}{AC}$ pour la longueur du

recul dans le tems que la balle parcourt la longueur de la piece.

Cette expérience ayant été faite avec une piece de trente-deux livres de balles chargée avec dix livres de poudre ordinaire de guerre, & tirée horiſontalement ſur une plate forme horiſontale, il eſt reſulté que $\frac{BPD}{AC} = \frac{1}{14}$ de pied. Ainſi dans ce cas, pourvu que la plate forme ſoit ſolide & très-unie dans une longueur d'un demi-pouce à l'endroit où poſent les roues & le talon de l'affut, le reſte ne ſervira qu'à faciliter les opérations des Canoniers autour de la piece, d'autant que la valeur $\frac{BPD}{AC}$ peut varier encore, puiſqu'elle dépend, comme on l'a vu, de beaucoup de circonſtances.

100. Conſidérons maintenant le ſecond effet obſervé (§. 90, n° 2.), qui conſiſte en ce que la charge qui donne la plus longue portée dans les pieces d'un petit calibre, eſt plus grande proportionnellement que celle qui la donne dans les canons de gros calibre.

Cet effet que nous avons obſervé conſtamment dans nos expériences, ne peut provenir que de la grandeur de la lumiere qui étoit égale dans les quatre canons que nous avons

employés & de ce que tous les bouchons ont été refoulés avec une force égale : car l'égalité de la grandeur dans la lumiere, produit dans les pieces de petit calibre une inflammation proportionnellement plus abondante, & l'égalité du refoulement réuniſſant la poudre plus intimement & donnant à la charge plus d'adhérence aux parois de la piece, augmente ſa réſiſtance & par ce moyen occaſionne l'inflammation d'une plus grande quantité de poudre.

101. Au printemps de 1750, des Officiers choiſis pour examiner quelques objets relatifs à l'Artillerie, ont fait, ſous la direction du Chevalier Ferraro de Ponſiglione, pluſieurs expériences pour trouver la charge qui donne la plus longue portée, lorſque la piece eſt tirée ſous la plus grande élévation qu'elle puiſſe avoir ſur ſon affut ; on employa des canons de même calibre & de même proportion que ceux qui ſervirent en 1746, avec cette ſeule différence, que les boulets des expériences dont nous parlons maintenant, étoient un peu plus gros & que conſéquemment *le vent du boulet* étoit moins conſidérable.

On chargeoit les pieces avec la lanterne & avec différente quantité de poudre à canon

de grains ordinaires ; chacune étoit tirée trois fois avec la même charge, les deux mêmes Canoniers donnoient cinq coups pour réfouler le bouchon de la poudre & trois pour celui du boulet. Les pieces placées sur leurs affuts rouloient librement sur une plate-forme horisontale. Elles étoient toujours posées de la même maniere & l'on prenoit toutes les précautions pour qu'elles fussent chargées également & pour mesurer exactement la longueur des portées sur un terrein plat dont l'horison étoit presque le même que celui de la batterie ~~sur lequel les boulets venoient tomber du premier bond.~~

Résultat des Expériences faites dans le printemps de 1750.

Calibre des pieces.	Poudre pour la charge.	Longueur des portées.	Recul des pieces.
Piece de 4, tirée à quatorze deg. d'élévation.	$2\frac{1}{2}$ livres.	4232 pieds.	31 pouces.
	3	3948	36
	$3\frac{1}{2}$	4310	44
	4	4495	48
Piece de 8, tirée à onze degrés d'élévation.	4	4130	28
	5	4382	39
	6	4424	51
	7	4232	61
	8	4760	71

Calibre des pieces.	Poudre pour la charge.	Longueur des portées.	Recul des pieces.
	livres.	pieds.	pouces.
Piece de 16, tirée à douze degrés d'élévation.	7	4732	45
	8	5090	48
	9	4738	54
	10	5000	58
	11	4918	65
	12	5146	68
Piece de 32, tirée à 11 deg. & demi d'élévation.	14	5644	70
	16	5396	72
	18	5330	74
	20	5730	87
	22	5488	100

102. Le réſultat de ces expériences fait voir clairement que les charges qui donnent les plus longues portées, lorſque les canons ſont tirés dans la plus grande élévation qu'ils puiſſent avoir ſur leurs affuts, ſont plus conſidérables que celles qui produiſent le même effet, lorſqu'on donne aux pieces une direction horiſontale, (§. 89.) mais on ne voit point dans la longueur des portées cette proportion continue à laquelle on s'attend. Par exemple, dans la piece de ſeize, une charge de ſept livres de poudre & une de neuf, ont produit deux portées preſque égales, tandis que celle de huit livres en a donné une beaucoup plus conſidérable.

Ces irrégularités proviennent de ce que, dans ces expériences, on n'a point tiré les charges variées de chaque piece dans le même jour. Par exemple, dans la piéce de seize, la charge de sept livres fut employée le 23 Mars; celle de huit livres le jour suivant, & celle de neuf livres, le premier Avril. Si on avoit éprouvé dans la même matinée toutes les charges pour le même canon, on auroit évité les modifications que la différence qui se trouve d'un jour à l'autre dans les vapeurs de l'atmosphère & dans la densité de l'air, doit produire dans l'inflammation des charges & dans la résistance que les boulets rencontrent en décrivant leurs trajectoires. Outre ce qui a déja été dit de ces modifications, on verra dans les Chapitres IV & V, de la seconde Partie, qu'elles sont très-considérables en certains cas.

Si l'on évite ces variations de l'atmosphère, & qu'on répète ces expériences avec les précautions convenables, on verra que les charges qui, dans les circonstances exposées dans le paragraphe précédent, ont donné la plus longue portée, sont presque doubles de celle de 1746. Mais on verra en même tems que cette augmentation de portée produite par des charges plus fortes, est de peu d'impor-

tance en comparaiſon de l'augmentation du recul de la piece & conſéquemment de la ſecouſſe qu'elle éprouve ; ainſi l'on ne doit jamais employer de charges doubles pour l'uſage ordinaire.

103. Lorſqu'on fait des expériences de cette nature, on obſerve de tems en tems une inégalité remarquable entre deux portées dont la charge eſt égale, quoique l'on emploie toutes les précautions poſſibles pour que les deux décharges ſe faſſent dans les mêmes circonſtances.

Ces inégalités ont été plus rares & plus légères dans les expériences de 1746 que dans celles de 1750 ; mais il ne paroît pas poſſible de les éviter entièrement : car en ſuppoſant même que les pieces ne changeaſſent point de direction dans l'exploſion de leur charge : il y a deux cauſes qui, réunies ou ſéparées, peuvent produire des différences dans la longueur des portées de la même charge. La premiere, qui s'eſt fait ſentir proportionnellement dans les expériences des années 1746 & 1750, conſiſte en ce que le boulet ne ſuit pas la direction de l'ame pendant qu'il la parcourt ou en ce qu'il change de direction à la ſortie de la piece.

104. La ſeconde cauſe conſiſte en ce que,

dans la pratique, la poudre n'eſt pas toujours également raſſemblée dans la pièce, de maniere que la même charge ait conſtamment la même figure.

Cette figure change plus facilement & plus fréquemment, à proportion que la charge eſt plus conſidérable, ſi celle-ci eſt refoulée avec le même nombre de coups qu'une charge plus petite. Dans ce cas, la quantité de poudre qui s'enflamme dans la charge la plus forte, n'eſt pas la même dans toutes les volées. Elle eſt plus ou moins grande, ſelon la diſpoſition des grains à l'inflammation ;. comme dans les pièces qui ſont élevées au-deſſus de l'horiſon, il doit s'enflammer une plus grande quantité de poudre, parce que le fluide éprouve une plus grande réſiſtance, Si l'on emploie alors des charges plus fortes, on obſervera plus fréquemment de l'inégalité dans la longueur des portées : ajoutons à ces conſidérations les irrégularités qui doivent provenir de ce que la ſecouſſe que reçoit la pièce eſt augmentée par l'abondance de la charge ; nous nous convaincrons que plus celle-ci ſera forte, plus les inégalités des portées ſeront fréquentes.

105. C'eſt pourquoi ſi dans la pratique on veut atteindre au but & ne point altérer

ſon artillerie, on doit éviter ces deux extrémités.

La premiere eſt de n'employer jamais de charges très-fortes ſans une néceſſité abſolue, non-ſeulement parce qu'elles produiſent de fréquentes inégalités, mais encore parce qu'elles ébranlent les pièces par des ſecouſſes très-conſidérables. Il eſt aiſé de voir que ſi elles donnent aux boulets plus de portée & par conſéquent plus de force pour frapper à une grande diſtance, ce léger avantage n'eſt rien en comparaiſon du tort que la ſecouſſe fait à la pièce; il ſuffit, pour ſe convaincre de cette vérité, de jetter un coup d'œil ſur le réſultat des expériences de 1746 & de confronter la longueur des plus grandes portées avec celle du recul correſpondant.

L'autre extrémité qu'il faut éviter eſt de ne point employer de charges trop petites, car alors la moindre différence dans la groſſeur du bouchon ou dans la maniere de le refouler, en produit une remarquable dans l'impulſion du boulet & en conſéquence dans le ſuccès des portées; c'eſt ce qu'on obſerve ſuffiſamment dans les pièces tirées à ricochet ou dans les mortiers chargés d'une petite quantité de poudre.

106. Les Artilleurs Piémontais ne ſont pas

les ſeuls qui aient fait des expériences pour découvrir les charges qui donnent les plus longues portées ; mais ce qui en eſt parvenu juſqu'à préſent à ma connoiſſance, ſe réduit à l'opinion qu'ils ont reconnu que dans les pièces de gros calibre, la charge doit avoir environ les trois huitiemes du poids du boulet.

Le récit des expériences faites par les François, détermina l'Ordre de Malte à les répéter au mois d'Août 1747 ; on en chargea le ſieur Marandon, Ingénieur de la Religion, qui les refit avec beaucoup d'exactitude, & qui en envoya au Régiment d'Artillerie de Turin, un détail que j'ai lu ; il lui demandoit en même temps ſon avis ſur les conſéquences qu'il croyoit pouvoir en tirer.

Cet Ingénieur ayant obſervé qu'en employant des charges plus fortes que celles des $\frac{3}{8}$ du boulet, la longueur des portées augmentoit encore à proportion de la charge, ne pouſſa pas plus loin ces expériences ; parce que jugeant que la poudre dont on s'étoit ſervi en France, étoit plus foible que celle qu'il employoit, il en a conclu qu'en chargeant les pièces de gros calibre avec une poudre plus forte que celle des François, la charge qui doit produire la portée la plus longue, devoit ſurpaſſer les $\frac{3}{8}$ du poids du boulet :

cette conſéquence eſt conforme à notre théorie & à toutes les expériences qui ſeront faites convenablement en pareils cas.

Il eſt donc clairement prouvé que les anciens Artilleurs faiſoient une conſommation ſuperflue de poudre lorſqu'ils chargeoient leur pièce avec une charge égale au poids du boulet; qui, quelquefois même, ſurpaſſoit ce poids, parce que leur poudre étoit d'une qualité fort inférieure à celle qu'on emploie maintenant à la guerre.

107. Les meſures que nous avons fixées pour les charges qui produiſent les plus longues portées (§. 89, 102.) ſont les mêmes pour tous les canons de pareil calibre, quelle que ſoit leur longueur, pourvu que toutes les autres circonſtances, décrites dans nos expériences, ſoient exactement ſemblables. En effet, puiſque cette longueur ne produit pas ordinairement l'inflammation d'un plus grand nombre de grains, la charge qui dans une piece donnera la plus grande portée, pourra le produire également dans une autre de même calibre dont la longueur ſera différente; il n'y a point d'autre exception à ce principe, que le cas où les canons ſeroient très-courts; car dans ces piéces, l'action que le fluide élaſtique produit ſur le boulet dans

deux charges inégales qui s'enflamment totalement, eſt au moins égale & même plus conſidérable dans la plus petite charge ; parce que le boulet eſt pouſſé plus long-tems par le fluide (§. 80.) en parcourant un plus long eſpace dans l'ame de ces canons.

108. Il ne reſte plus qu'à examiner quelles ſont les charges les plus avantageuſes dans l'uſage ordinaire ; pour cet effet, il faut conſidérer que la plus grande utilité qu'on puiſſe retirer des armes à feu, dérive de deux objets.

Le premier & le principal eſt de frapper au point qu'on s'eſt propoſé pour but.

Le ſecond eſt de frapper le but avec la force qui convient. Le premier eſt toujours indiſpenſable ; le ſecond admet de certains degrés ; car non-ſeulement on ne doit point, dans tous les cas, frapper le but avec la plus grande force que puiſſent produire les armes à feu ; mais même dans ceux où toute cette force eſt néceſſaire pour cauſer un grand dommage, (*Inſt. Phyſ. Mec.*) ſi elle peut déranger les tirs au point de faire manquer le but, il eſt certain qu'il vaut mieux la diminuer : ce raiſonnement eſt par lui-même ſi évident & ſi général qu'il n'admet aucune exception.

De plus, comme les canons de bronze tirés fréquemment avec de fortes charges, perdent

dent en peu de jours la faculté de ſervir. Si l'on veut ſe conſerver les moyens de pourſuivre & de déterminer une expédition militaire, il eſt néceſſaire d'apprécier les avantages & les inconvéniens qui proviennent des fortes charges, afin de prendre un parti qui conduiſe ſûrement au ſuccès de l'entrepriſe.

109. Ainſi pour appliquer ces conſidérations à la pratique & combiner la juſteſſe des portées avec leurs forces & avec la conſervation des piéces, nous jugeons que, dans l'uſage journalier où l'on emploiera pour l'attaque ou pour la défenſe des places, des canons bien proportionnés dans la culaſſe du poids indiqué (§. 89.) & tirés dans les diſtances marquées dans les Livres deux & trois de l'Architecture militaire & dans le ſecond de l'Artillerie pratique, la charge de poudre ordinaire de guerre qu'on doit employer pour les pièces de ſeize & de trente-deux, ne doit jamais excéder la moitié du poids du boulet. Cette quantité, que nous appellerons la plus *grande charge d'uſage*, ſera réſervée pour les cas de néceſſité : la charge des mêmes pièces ne doit jamais être au-deſſous du quart du poids du boulet, nous l'appellerons *la moindre charge* d'uſage ; & enfin, nous nommerons *charge ordinaire* dans les ſiéges,

celle qui égale $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{8}$ du poids du boulet.

La charge ordinaire des *facres* ſera, ſelon les occurrences, depuis la moitié juſqu'aux trois quarts du poids du boulet; mais il faut avoir l'attention, tant dans ces pièces que dans celles de ſeize & de trente-deux, de refouler plus fortement le bouchon ſur la poudre, à proportion que ſa quantité ſera plus conſidérable, afin d'obtenir l'effet qu'on attend de l'augmentation de la charge; l'excès dans le refoulement ne peut pas même être dangereux, pourvu qu'il n'aille point juſqu'à écraſer la poudre & à remplir les interſtices qui doivent ſe trouver entre les grains, pour que le feu en ſe dilatant, puiſſe les enflammer plus précipitamment.

La charge pour les canons qu'on veut tirer à ricochet ou à boulets rouges, eſt ordinairement très-peu conſidérable relativement à leur calibre; elle ſe regle dans les ſiéges, ſur le lieu où la pièce eſt placée, parce qu'on ne doit conſidérer que la diſtance des batteries au but : mais celles qu'on emploie pour les canons de l'artillerie légere qui ſe conduit à la ſuite des armées pour ſervir dans les batailles, dans les affaires importantes, dans l'attaque où la défenſe des poſtes retranchés & autres occurrences ſemblables, doivent

être entre le $\frac{1}{4}$ & les $\frac{1}{8}$ du poids du boulet ſelon le calibre de la pièce & ſon épaiſſeur.

110. Quoiqu'en réglant les charges, nous n'ayons parlé que de celles qui conviennent aux canons, il n'y a cependant aucun doute qu'il ne ſoit aiſé de connoître celles des mortiers à bombes, en ayant égard à la quantité de la poudre & à la forme de leur chambre. Tous les mortiers actuellement en uſage dans leſquels la communication de la chambre avec l'ame eſt plus étroite que le plus grand diamètre de la chambre, comme dans les chambres ſphériques, elliptiques, paraboliques ou en poires, tous ces mortiers, dis-je, produiſent toujours la portée la plus longue lorſqu'ils ſont chargés à chambre pleine, avec de la poudre ordinaire de guerre bien refoulée avec la demoiſelle & que la bombe eſt bien aſſujettie par le refoulement d'une terre paſſée à la claie. Il eſt clair que dans ce cas, on ne peut aſſigner une charge plus forte au mortier.

D'ailleurs, ces mortiers éprouvent de grandes ſecouſſes lorſqu'ils ne ſont point chargés à chambre pleine & leurs portées ne ſont point exactes; par conſéquent ſi on veut jetter les bombes à un point déterminé, il eſt néceſſaire d'employer cette charge qui pro-

duira l'effet qu'on deſire, en donnant au mortier le degré d'élévation que les circonſtances exigent.

111. Nous terminerons ce Chapitre en faiſant connoître par des expériences particulieres, combien la largeur différente de la lumiere contribue à varier la force du boulet.

On prend un canon de fuſil qui ait un diamètre de cinq points ou de ſoixante atomes & dont l'ame ait vingt pouces de longueur: dans l'axe de la groſſe vis qui ferme l'extrémité la plus épaiſſe du canon, on fait un trou, dont le diamètre eſt de trente-cinq atomes & dont les parois ſont creuſés en filets, de maniere qu'on peut y introduire une vis plus courte; cette derniere, dont l'extrémité qui pénètre dans la groſſe vis, eſt garnie d'une petite piéce de fer rouge, ſert à mettre le feu à la poudre qui eſt dans le canon. A l'autre extrémité, on adapte un manche dont le mouvement fait tourner promptement la vis qui, arrivée à l'extrêmité du filet, applique le fer rouge à la poudre, & l'enflamme.

A l'endroit où l'on place ordinairement la lumiere, on fait un trou circulaire du diamètre de trente-cinq atomes dont les parois ſont creuſés en filets pour recevoir une vis. On a trois vis différentes qui ſervent l'une

après l'autre ; la premiere ferme exactement l'ouverture & force par conſéquent la poudre enflammée de ſortir entierement par la bouche du canon ; la ſeconde a dans ſon axe un trou ou lumiere du diamètre de neuf atomes, par laquelle une partie du fluide qui ſe développe peut ſortir ; la troiſieme a une lumiere du diamètre de ſeize atomes.

On a fait les expériences avec le canon & les vis qu'on vient de décrire. On a employé pour chaque charge trois gros de poudre fine à canon & une balle du diamètre de cinquante-neuf atomes & du poids d'une once environ. On a mis la poudre en gargouge & l'on a fait refouler également les bouchons par le même homme. On a commencé par tirer le canon fermé avec la vis qui empêche la poudre enflammée de ſortir par le trou circulaire, on l'a tiré enſuite avec la ſeconde dont la lumiere a neuf atomes de diamètre, & en troiſime lieu avec celle dont la lumiere en a ſeize. Enfin on l'a tiré ſans mettre aucune vis dans le trou circulaire de trente-cinq atomes de diamètre. Le feu a été mis à toutes les charges par le fer rouge, dont nous avons parlé ; le but étoit une planche placée à la diſtance de trois pieds de la bouche du canon. Voici les immerſions des balles dans les vingt-quatre coups qui ont été tirés.

Immerſion des balles dans le but.

Dans les décharges faites

	Points.
ſans lumiere	44
avec la lumiere du diamètre de neuf atomes . .	54
avec la lumiere du diamètre de ſeize atomes . .	45
avec la lumiere du diamètre de trente-cinq atomes.	28

Le réſultat de cette expérience ſert encore à faire connoître que, lorſqu'il n'y a point de lumiere, il s'allume moins de poudre; que celle qui s'enflamme brûle plus lentement. Si on laiſſe la grande lumiere ouverte & qu'on mette vis-à-vis & à la diſtance d'un pied environ, une feuille de papier bien tendu, on trouvera, après la décharge, cette feuille toute percée par les grains de poudre qui ont été chaſſés avec impétuoſité par la lumiere. Lorſque les ſoldats d'infanterie combattent en ligne, ils ſont ſouvent piqués au viſage par des grains chaſſés avec force des fuſils qui ſont à leur gauche. L'opinion générale que ces grains ne partent que du baſſinet, eſt fauſſe & n'eſt appuyée ſur aucun fondement.

Fin de la premiere Partie.

EXAMEN
DE
LA POUDRE.

SECONDE PARTIE.

De la force de la Poudre.

112. L'EXAMEN que renferme la premiere Partie de cet ouvrage, fait voir clairement que les effets des propriétés principales de la poudre ſont ſujets à beaucoup de modifications, même dans les expériences où l'on emploie les précautions les plus délicates. On peut conclure de cette obſervation, qu'il doit y avoir une différence encore plus conſidérable entre ces effets, lorſqu'on fait ſervir la même poudre à pluſieurs objets militaires, & dans des circonſtances où l'on ne peut ni

apporter une auſſi grande attention, ni employer des machines conſtruites avec une préciſion auſſi exacte.

On ſçait que toutes les fois qu'on veut calculer des effets dont la cauſe appartient à quelque partie des ſciences phyſico-méchaniques, on ne parvient jamais à une réſolution préciſe du problême, & qu'elle ſe trouve toujours compriſe entre deux limites plus ou moins éloignées l'une de l'autre, à proportion du nombre des cauſes qui concourent au même effet. Conſéquemment, ſi l'on veut meſurer la force de la poudre dans les différens uſages qu'on en fait à l'armée, non-ſeulement on ne peut la déterminer avec préciſion dans aucun cas; mais même la nature & le nombre des circonſtances font varier néceſſairement les limites qui renferment la réſolution de ce problême & ne la rendent quelquefois applicable qu'à des cas particuliers.

De plus, comme il arrive aſſez ſouvent, que les artilleurs préfèrent des obſervations de pratique aux avantages que la théorie indique; il eſt néceſſaire dans ces circonſtances d'examiner le problême par parties & de conſidérer ſéparément chacune de ſes conditions, pour combiner la théorie avec la pra-

tique le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible. On verra par l'examen que nous ferons, combien une combinaiſon judicieuſe de l'une & de l'autre eſt indiſpenſable dans un grand nombre d'occaſions.

113. De ces conſidérations préliminaires, paſſons à l'objet de ce Chapitre. Puiſque l'inflammation des grains & la deſtruction totale de chacun d'eux ſe font ſucceſſivement & dans un tems proportionnel à la qualité de la poudre, à la groſſeur des grains & à pluſieurs autres circonſtances que nous avons détaillés ailleurs ; puiſque d'un autre côté la force de la poudre dépend principalement d'un fluide permanent qui ſe développe pendant l'inflammation & dont l'élaſticité eſt plus conſidérable lorſque le feu eſt préſent, il s'enſuit que cette force augmente continuellement depuis l'inſtant où l'inflammation commence juſqu'à la deſtruction totale des grains & qu'alors elle ſe réduit bientôt par la diminution de la chaleur à la ſeule élaſticité du fluide permanent. Il y a donc un inſtant où elle ſe trouve à ſon plus haut degré d'intenſité ; mais quoiqu'on n'emploie qu'une ſeule eſpece de poudre, ce moment n'eſt pas le même, ſi l'inflammation ſe fait dans un lieu réſiſtant & fermé ou ſi le fluide pé-

netré de feu s'échappe par une iſſue illimitée ou enfin ſi la quantité des vapeurs de l'atmoſphere eſt différente. Ainſi, puiſque nous ne pouvons pas établir ſur cet objet de loi générale & conſtante, nous devons nous contenter d'une regle qui nous ſerve à fixer ce plus haut degré de force dans des cas particuliers. Lorſque nous le connoîtrons dans des circonſtances déterminées, nous pourrons appliquer utilement cette connoiſſance aux différens uſages de l'artillerie.

Mais afin de n'omettre aucune des difficultés principales qui ſont attachées à la réſolution du problême que nous examinons & ne pas s'occuper inutilement à imaginer de vaines hypothèſes ou des ſuppoſitions chimériques, nous conſidérerons premierement la force de la poudre dans l'état le plus ſimple, lorſqu'elle ſe trouve réduite, par la temperature de l'air, à la ſeule élaſticité du fluide permanent: nous l'examinerons enſuite dans l'état le plus compoſé, c'eſt-à-dire, dans le tems de l'inflammation.

CHAPITRE PREMIER.

De la maniere de meſurer la denſité & l'élaſticité du fluide qui eſt reduit à la temperature de l'air.

114. COMME il eſt néceſſaire, pour méſurer l'élaſticité du fluide permanent, de tenir la poudre renfermée pendant & après l'inflammation, il s'enſuit que ſi l'on veut déterminer la preſſion de ce fluide auſſi-tôt que le feu eſt éteint, il n'eſt pas poſſible de lui aſſigner un terme fixe, parce que dans cet inſtant ſa force eſt augmentée par la chaleur qui eſt reſtée dans la capacité; ſi au contraire, on attend pour la meſurer que l'air interne ſoit à la température de l'air extérieur, on n'obtiendra pas une connoiſſance plus préciſe, parce qu'une partie du fluide eſt abſorbée par la fumée ſulfureuſe qui l'attire auſſi-tôt qu'il ſe développe; puiſque ces deux inconvéniens empêcheront toujours qu'on puiſſe parvenir à une meſure exacte, il faut néceſſairement s'en tenir à une approximation. Pour découvrir celle qui approche le plus de la réſolution du

problême, on a inventé la machine repréſentée dans la ſixième figure. Auſſi-tôt que les grains ſont totalement conſumés, elle ſépare, autant qu'il eſt poſſible, le fluide permanent de la fumée du ſoufre & du *caput mortuum* de la poudre & diminue conſidérablement l'action de la chaleur qui eſt reſtée dans la capacité.

Fig. 6. AABB eſt un cube de laiton dont deux côtés ont une cavité cylindrique terminée par une portion de ſphere, & dont les parois ſont creuſés en filets de vis AA, BB: dans les filets AA, on fait tourner la vis EE d'un autre cylindre dont l'intérieur EDDE eſt vuide. FGL ſont des vaiſſeaux de cuivre battu dont la capacité eſt différente & dont la vis FF tourne dans les filets BB.

HIH eſt un petit cylindre de laiton attaché au cube AB par deux clous à vis HH, & dans l'intérieur duquel eſt un piſton K d'une proportion exacte & qui, par le moyen de la vis I, s'approche ou s'éloigne des trous *o*, *p* pour fermer ou pour ouvrir les petits canaux *oo*, *pp* de communication entre la cavité ſupérieure AA & l'inférieure BB.

MNNM eſt un parallélipipede de laiton attaché au cube AB par des clous à vis MM, & dont le petit canal *qq* répond à celui *rr* du cube AB.

SRS eſt un autre parallépipede de même métal dont l'intérieur eſt creuſé en forme de cylindre. Ses ouvertures *t t* ſont formées intérieurement par un vaiſſeau de verre qui ſert à contenir quelque liqueur dont la ſuperficie *& &* puiſſe être apperçue à l'extrêmité ſupérieure R du parallépipede : on fait un trou qui communique de ſa ſurface extérieure dans l'intérieur du vaiſſeau.

V W eſt un tube de verre long & ouvert à ſes deux extrémités. Il eſt attaché à un bâton ou à une plaque de laiton XX qui eſt aſſujettie ſolidement au parallépipede S R S, & qui eſt diviſée en parties du pied liprand ou d'une autre maniere, pourvu que ſa graduation ſoit analogue à celle du baromètre.

y y eſt une vis faite avec préciſion qui tourne dans l'extrémité inférieure SS du parallépipede SRS & qui ſert à élever ou à baiſſer la ſuperficie *& &* de la liqueur contenue dans le vaiſſeau. On met ce parallépipede dans la pièce de fer 2, 3 qui eſt attachée par des clous à vis 4, 4 au parallépipede MNNM, en ſorte que, lorſque la ſurface du premier eſt appliquée fortement contre celle du ſecond par le moyen de la vis 16, le trou R répond exactement au trou *q*.

10, 12, 10 eſt un cylindre maſſif de laiton

dans lequel on a pratiqué un petit creux 12 où l'on met la poudre qui doit ſervir à l'expérience. Il ſe place dans l'autre cylindre EDDE, de maniere que ſa baſe 10, 10 s'appuie ſur le rebord 11, 11 dans la cavité A. 11. A. Son diametre 17, 17 doit être plus petit d'un point environ que celui 18, 18 du vuide intérieur du cylindre EDDE. 5, 7, 9 eſt une pièce de fer dont un côté eſt terminé p . une vis qui entre dans les filets DD, les parois de ſon canal intérieur 5,9 ſont creuſées en filets dans leſquels on introduit du côté 5 la vis 8, 6, 8.

Pour faire les expériences plus commodément & pour ôter ou remettre avec plus de facilité les vaiſſeaux FGL, on attache le cube AB à une lame TT d'un métal quelconque, à laquelle on donne la forme d'un fer à cheval & autant de hauteur qu'on le juge néceſſaire : on la fixe à une table ou à une caiſſe de bois avec des clous à vis *m m*.

115. Lorſqu'on veut faire uſage de cette machine, on commence par appliquer la ſuperficie RS du parallépipede SRS à celle NN du parallépipede MNNM. On introduit un des vaiſſeaux FGL dans les filets de vis BB. On poſe le cylindre 10, 12, 10 ſur le rebord 11, 11, & après avoir verſé dans la cavité 12 la quantité de poudre qu'on

veut brûler dans l'expérience, on poſe le cylindre EDDE dans les filets de vis AA. *a* l'extrêmité 9 de la pièce de fer 5, 7, 9, on met une feuille mince de plomb dans le canal 5, 9, & lorſque la pièce 5, 7, 9, eſt placée dans les filets DD, on laiſſe tomber dans le canal 5, 9, une petite balle de fer rougie qui eſt retenue en 9 par la feuille de plomb. On fait entrer promptement la vis 8, 6, 8, dans le trou 5, en la ſerrant fortement par le moyen du manche 13, 13, de maniere que la ſuperficie 8, 8 s'applique exactement à celle 14, 14, on pouſſe par ſa pointe 6 la balle de fer & on la précipite dans la cavité 12 qui contient la poudre dont l'inflammation ne ſe fera qu'après que le canal 5, 9, ſera fermé exactement. Lorſque la poudre eſt totalement conſumée, on ouvre le trou *oo* en retirant un peu le piſton K à l'aide de la vis I. Le fluide élaſtique qui s'eſt développé par l'inflammation de la poudre, ſe répandant bientôt de la cavité ſupérieure dans le canal *oo*, pénètre par celui *pp* dans la capacité inférieure BLB. De-là, remontant par le canal *r*, *r*, *q*, *q*, il s'introduit par le trou R dans le vaiſſeau de verre & preſſe ſur la ſuperficie *&* *&* de l'eau qui y eſt contenue. Cette preſſion la fait monter promptement dans le tube

V W, où après quelques ondulations, elle ſe fixe à une hauteur proportionnée à la quantité de poudre qui a été brûlée.

116. Si on obſerve la hauteur de l'eau dans le tube auſſi-tôt que les ondulations ſont terminées & ſi, la machine reſtant dans le même état, on recommence cette obſervation à pluſieurs repriſes & dans des intervalles de temps égaux, on verra, ſi ces intervalles ſont longs, que la ſuperficie de l'eau baiſſe de plus en plus dans chacun d'eux : mais moins dans le ſecond que dans le premier, & moins dans le troiſieme que dans le ſecond, juſqu'à ce que l'abaiſſement devienne inſenſible, ~~excepté qu'on le meſure, après de longs intervalles.~~ Au bout de vingt-quatre heures, l'eau reſte à la même hauteur dans le tube ou plutôt elle ne ſuit, comme le thermomètre, que les variations de la chaleur. Cet abaiſſement provient de ce que la fumée du ſoufre & le *caput mortuum* de la poudre abſorbent une partie du fluide élaſtique qui ſe développe pendant l'inflammation. L'abſorption, qui eſt conſidérable au commencent, diminue continuellement juſqu'à ce qu'elle ceſſe tout-à-fait. Si l'on compare la hauteur de l'eau qui eſt deſcendue au point où elle ceſſe de baiſſer dans le tube, avec celle qu'elle avoit au moment où les on-

dulations

dulations n'ont plus été ſenſibles, la différence qui ſe trouvera entr'elles, indiquera la quantité de fluide que la fumée aura abſorbée dans l'expérience.

Si à l'inſtant où les ondulations ceſſent, on ferme, par le moyen du piſton K, la communication de la capacité ſupérieure avec l'inférieure, l'eau s'arrête promptement dans le tube & ſa hauteur ne varie plus, à moins qu'il n'arrive quelque changement dans la chaleur de l'atmoſphere. Mais ſi, quelque tems après, on ouvre de nouveau cette communication, l'eau deſcendra promptement dans le tube; parce que le fluide élaſtique qui eſt contenu dans la capacité inférieure, remonte pour ſe mettre en équilibre avec celui de la cavité ſupérieure dont une partie a été abſorbée par le *caput mortuum* & par la fumée du ſoufre.

117. Avant d'indiquer comment on peut faire ſervir cette machine à déterminer l'élaſticité & la denſité du fluide qui ſe développe du ſalpêtre contenu dans la poudre, il eſt à propos de faire quelques obſervations phyſiques ſur les effets qu'on y remarque & de rendre un compte plus détaillé des motifs qui ont dirigé ſa conſtruction.

Lorſque la poudre s'eſt conſumée dans la machine, ſi on laiſſe s'écouler tout le temps

néceſſaire pour diſſiper entièrement la chaleur que l'inflammation aura produite & qu'on ôte enſuite le cylindre E D E, on verra que, dans le cas où la quantité de poudre qu'on a brûlée ſeroit $\frac{1}{100}$ de celle que contiendroit la cavité ſupérieure, la fumée & le *caput mortuum* ſe ſont attachés à la partie ſupérieure interne D D du cylindre E D E, & à la partie ſupérieure 12 de l'autre cylindre 10, 12, 10, & que l'action du feu a changé la couleur de ce dernier depuis ſon extrêmité 12 juſqu'au tiers environ de ſa longueur, tandis qu'on n'obſerve aucune trace de feu ni de fumée à ſon extrêmité A. 10. A, & à plus forte raiſon dans le vaiſſeau F G L. Cette obſervation fait voir clairement que, lorſqu'on ouvre la communication entre les deux capacités par le moyen du piſton K, le fluide élaſtique ſe répand, ſans ſe mêler avec la fumée, d'une maniere ſenſible: par conſéquent l'abaiſſement de la ſurface de l'eau qu'on remarque dans le tube au bout de quelque tems, lorſque la communication entre les deux cavités eſt ouverte & ſa fixation qui ſe fait très-promptement, lorſque les capacités ne communiquent plus entre elles, ne peuvent être attribuées qu'à l'abſorption que la fumée & le *caput mortuum* ont faite d'une

partie du fluide (§. 116;) il étoit donc néceſſaire de combiner les deux cavités de la maniere que nous avons décrite ou d'une autre équivalente.

Si au lieu de $\frac{1}{500}$ de la poudre que peut contenir la capacité ſupérieure, on brûle $\frac{1}{250}$, la ſeule différence ſera que les traces du feu & de la fumée deſcendront plus près du rebord 11, 10, 11, ſans pénétrer cependant juſques dans le canal *o o*: mais ſi l'on emploie une quantité de poudre beaucoup plus conſidérable, une partie de la fumée s'introduira avec le fluide dans la capacité inférieure lorſqu'on ouvrira la communication, elle y abſorbera par conſéquent une partie de ce fluide & diminuera ſa preſſion ſur la liqueur que contient le vaiſſeau de verre SRS.

Enfin le cylindre 10, 12, 10, eſt deſtiné à diminuer conſidérablement l'action de la chaleur ſur le fluide & à empêcher la fumée de pénétrer dans la capacité inférieure: car,

1°. Si, au-lieu d'allumer la poudre dans le trou 12 du cylindre, on la brûloit au fond de la cavité A. 11. A, une partie de la fumée & du *caput mortuum* s'introduiroit facilement dans le canal *o o* & dans la capacité inférieure; non-ſeulement elle y abſorberoit une portion du fluide, mais elle gêneroit encore le mou-

vement du piſton K, lorſqu'on voudroit fermer la communication.

2°. Le cylindre 10, 12, 10, augmentant la ſuperficie interne de la capacité ſupérieure, & le feu agiſſant ſur un plus grand nombre de points phyſiques, la chaleur momentanée de l'inflammation qui ſe communique à une plus grande maſſe, eſt néceſſairement moins conſidérable comme nous l'avons prouvé dans la premiere Partie, Chap. I.

3°. Comme la chaleur qui provient de l'inflammation de la poudre & de la balle ardente, eſt preſqu'entierement concentrée dans la cavité 12, & que par conſéquent elle n'agit que ſur une portion de l'air intérieur & du fluide élaſtique, elle en augmente beaucoup moins l'élaſticité qu'elle ne le feroit, ſi elle ſe communiquoit à toute la maſſe du fluide & de l'air contenus dans la capacité.

Non-ſeulement cette propoſition peut être prouvée par la théorie du feu que nous avons expoſée: mais elle peut encore ſe démontrer de la maniere ſuivante par le moyen de cette machine. On en poſe toutes les parties dans la place qu'elles doivent occuper, on ne met point de poudre dans la cavité 12, & l'on ouvre la communication entre les deux capacités. Alors on fait tomber dans le trou 12

une balle ardente dont la chaleur dilatant l'air de la capacité, fait monter l'eau dans le tube. Après avoir obſervé ſa hauteur, on ôte le cylindre 10, 12, 10, & l'on recommence l'opération. La balle traverſant toute la capacité ADA pour tomber à ſon fond A. 11. A, échauffe & dilate la colomne d'air qu'elle contient au point que l'eau monte dans le tube quinze ou vingt fois plus haut que la premiere fois : mais elle deſcend promptement & s'arrête à une hauteur double ou triple de celle qu'on a obſervée dans l'expérience précédente.

118. Après avoir fait connoître la ſtructure de cette machine, les motifs de ſa combinaiſon & les effets qu'y produit l'inflammation de la poudre ; nous allons paſſer aux expériences qui ſervent à déterminer la denſité & l'élaſticité du fluide ; mais auparavant, il faut donner quelques avis utiles à ceux qui voudront les répéter. On doit en premier lieu s'aſſurer de l'exactitude de la machine, c'eſt-à-dire, reconnoître ſi toutes ſes parties ſont poſées de maniere que le fluide élaſtique ne puiſſe s'échapper d'aucune part. Dans cette vue, on y condenſe une certaine quantité d'air, on le laiſſe quelques minutes dans cet état & l'on obſerve pendant ce temps, ſi les

variations de la hauteur de l'eau dans le tube; ſont les mêmes que celles d'un thermomètre qui eſt placé près de la machine.

Il faut en ſecond lieu chercher quel ſeroit le poids de la quantité de ſalpêtre néceſſaire pour remplir la capacité ſupérieure juſqu'au piſton K, & l'inférieure depuis ce piſton juſqu'à la ſuperficie de l'eau contenue dans le vaiſſeau de verre. Pour trouver ce poids, on peſe la quantité d'eau qui remplit ces deux capacités. Elle eſt égale dans la machine que nous avons employée à 16580 grains; or comme la gravité ſpécifique de l'eau eſt à celle du ſalpêtre comme 10 : 19, le dernier terme $\frac{19\times16580}{10}$ exprime le poids de la quantité de ſalpêtre dont le volume eſt égal à celui des deux capacités.

119. Après ces obſervations préliminaires, on pourra commencer les expériences. On prendra une quantité de poudre aſſez petite pour que la fumée ne paſſe pas d'une capacité dans l'autre. Après avoir mis la poudre dans la cavité 12, placé toutes les parties de la machine & fermé la communication, on fera tomber la balle rougie dans le canal 5, 9, où elle ſera retenue par la feuille de plomb. On introduira promptement la vis 8, 6, 8, &

l'on donnera un mouvement violent au manche 13 : 13 qui tournant avec précipitation, fermera exactement le canal 5, 9, & pouſſera la balle dans la cavité 12 où elle allumera la poudre. On ouvrira enſuite la communication entre les deux capacités, & lorſque les ondulations de l'eau dans le tube ſeront terminées, on la fermera de nouveau. Comme l'élévation de l'eau dans le tube occaſionne l'abaiſſement de ſa ſuperficie & & dans les vaiſſeau de verre, on fera monter la vis *y y* en la tournant juſqu'à ce que cette ſuperficie revienne à ſon premier point, afin de conſerver à la capacité inférieure un volume toujours égal. On obſervera enſuite la hauteur de l'eau dans le tube *v w* en la meſurant depuis la ſurface & &, & l'on en défalquera l'augmentation produite par l'attraction du verre. Cette augmentation ſe meſure avant l'expérience : ~~on voit alors~~ ſi les effets de l'attraction ſont ſenſibles ~~& ſi~~ l'eau contenue dans le tube eſt plus élevée que la ſurface, &c.

Cette expérience peut être répétée pluſieurs fois de la même maniere & avec la même quantité de poudre, pendant qu'il n'y a point de variations dans un thermomètre très-ſenſible qui eſt placé dans la chambre ; & il faut remarquer chaque fois l'élévation

on voit alors que

de l'eau dans le tube. On ne doit jamais porter la main nue ſur le vaiſſeau FGL, ni ſur le cylindre EDE : mais il faut la garnir d'une ſerviette pliée en trois ou quatre doubles : car l'attouchement ſeul d'un doigt exciteroit en peu de tems dans ces deux capacités un degré de chaleur ſuffiſant pour élever l'eau dans le tube.

On prend la hauteur moyenne de celles qu'on a obſervées. On compenſe par ce moyen les variations qu'ont occaſionné l'~~obſerva-~~ l'absorp tion d'une partie du fluide & la chaleur qui s'eſt conſervée dans la capacité. Si nous appellons *a* cette hauteur moyenne & A la hauteur moyenne d'un baromêtre chargé de la même eau que celle qui eſt contenue dans le vaiſſeau de verre, la fraction $\frac{a}{A}$ exprimera le rapport de l'élaſticité du fluide de la poudre à celle de l'air & de l'atmoſphère.

120. Cependant il faut obſerver qu'en n'employant qu'une petite quantité de poudre, il peut arriver aiſément que la proportion entre le ſalpêtre & les autres ingrédiens ne ſoit pas exactement dans ce petit nombre de grains, celle qu'on a employée dans la compoſition de la poudre pour la maſſe totale : ce qui dans une ſuite d'expériences fait varier

aſſez conſidérablement l'élévation de l'eau dans le tube. Pour éviter cet inconvénient, on triture ſéparément du ſalpêtre, du ſoufre & du charbon ; on pèſe une certaine quantité de ſalpêtre & on la mêle exactement avec la doſe des deux autres ingrédiens qui eſt néceſſaire pour le détruire promptement. On peut ſe diſpenſer de grainer ce mélange, parce qu'on ne cherche dans cette expérience que l'élaſticité & la denſité du fluide contenu dans le ſalpêtre & que le phlogiſtique n'y eſt employé que comme un intermède indiſpenſable pour le dégager, afin de le ſoumettre aux obſervations qu'on ſe propoſe.

121. Lorſqu'on veut connoître par les expériences, (§. 119.) la quantité du fluide élaſtique que contient le ſalpêtre, il faut obſerver que, quoique ce fluide ſoit alors très-dilaté dans les deux capacités, ſon élaſticité eſt toujours exactement proportionnelle à ſa denſité ; ainſi la fraction $\frac{a}{A}$ qui exprime ſon élaſticité $= n$, peut exprimer auſſi ſa denſité. Suppoſons actuellement les deux capacités priſes enſemble $= c = \frac{19 \times 16580}{10}$ (§. 118,) $=$ 31502 grains, & la maſſe du ſalpêtre employé dans chacune des expériences $= f$,

alors $\frac{nc}{f}$ exprimera la denſité de cette même quantité de fluide renfermée dans le volume $= f$. Mais comme il faut retrancher de f ſes matieres élaſtiques $= m$ qui entrent dans la ſubſtance du ſalpêtre, ſi on fait leur volume $= rm$, celui du fluide ſera $f - rm$, & la fraction $\frac{nc}{f-rm}$ exprimera la denſité du fluide élaſtique lorſqu'il eſt renfermé dans le ſalpêtre.

122. Les Phyſiciens qui ont examiné avec attention le fluide qui ſe développe du ſalpêtre, lui ont attribué une gravité ſpécifique égale à celle de l'air que nous reſpirons. Donc, puiſque la gravité ſpécifique de l'air eſt à celle du ſalpêtre comme, 1 : 1520, & que les deux capacités priſes enſemble = une quantité de c de ſalpêtre, il s'enſuit que la maſſe d'air qui, dans la machine (fig. 6) produira un effet n, égal à celui du fluide $f - rm$ ſera repréſentée par le poids $\frac{nc}{1520}$. On aura donc $f - rm = \frac{nc}{1520}$ & ſubſtituant dans cette équation les valeurs connues par nos expériences $c = 31502$, f 6 grains, $n = \frac{2}{21}$, celle de m ſera $= 4$ grains; & comme la quantité du fluide élaſtique que contient le

ſalpêtre, eſt proportionnelle à la maſſe de ce ſel, elle ſera exprimée par la raiſon $\frac{f-m}{f}$, & par conſéquent elle ſera $= \frac{1}{3}$ de la maſſe du ſalpêtre.

Quoique la gravité ſpécifique de ce fluide puiſſe être egale à celle de l'air, il ne s'enſuit pas qu'il doive en avoir toutes les autres propriétés. Ce ſeroit une aſſertion encore plus haſardée que de prétendre qu'il n'eſt qu'un air pur qui ſe dégage : car nous avons prouvé dans la premiere partie par des expériences qui ne laiſſent aucun doute, que la poudre s'allume d'autant plus difficilement que l'air naturel qui l'entoure eſt plus raréfié. Or le fluide élaſtique qui ſe développe des premiers grains que le feu conſume, ne ſuppléant pas alors au défaut de l'air naturel ; on eſt forcé de convenir que, s'il eſt véritablement de l'air, il eſt du moins privé, à l'inſtant de ſa dilatation, de la propriété qu'a le fluide aërien de faciliter l'embrâſement des corps combuſtibles. Ce ſeroit une recherche étrangere à notre travail que d'examiner ſi le fluide élaſtique acquiert cette propriété quelque tems après ſon développement.

123. Si l'on ſubſtitue dans la formule

$\frac{nc}{f-rm}$ (§. 121.) les valeurs connues de *c. n. f. m.* & ſi celle de *r* eſt $\frac{19}{27}$, c'eſt-à-dire, ſi la denſité des matieres non-élaſtiques eſt égale à celle du nitre fixé par les charbons, on aura $\frac{nc}{f-rm} = 942$. Le fluide élaſtique eſt donc 942 fois plus denſe lorſqu'il eſt renfermé dans le ſalpêtre, que lorſqu'il eſt en équilibre avec l'air de l'atmoſphère.

La quantité & la denſité du fluide élaſtique contenu dans le ſalpêtre étant connues, on trouvera facilement la denſité de celui qui ſe ſera développé d'une certaine quantité de poudre renfermée dans une capacité. Suppoſons que cette capacité ſoit exprimée par une maſſe de ſalpêtre, dont le poids = G, le fluide élaſtique ſera $= \frac{G}{3}$, les matieres non-élaſtiques $= \frac{2G}{3}$ & le volume de ces dernieres $= \frac{38\,G}{81}$ §. 122.) ainſi $G = \frac{38\,G}{81} = \frac{43\,G}{81}$ ſera le volume du fluide $\frac{G}{3}$.

Si l'on déſigne la quantité de poudre qui a été brulée dans la capacité G, par l'expreſſion $h + p$ dans laquelle *h* marque la quantité du fluide contenu dans la poudre, & *p*

le ſoufre, le charbon & le nitre fixé ; & ſi l'on ſuppoſe qu'après l'inflammation, le volume des matieres non élaſtiques $= qp$; celui du fluide ſera $G - pq$. Donc ſi ce fluide étoit $= \frac{G}{3}$ ſa denſité ſous le volume $G - pq$, ſeroit à ſa denſité ſous le volume $\frac{43G}{81}$ comme $\frac{nc}{f - rm} : \frac{nc}{f - rm} \times \frac{43G}{81 \times G - qp} =$ $942 : \frac{942 \times 43G}{81 \times G - qp} = \frac{500G}{G - pq}$.

Mais la quantité du fluide n'eſt pas $= \frac{G}{3}$ mais ſeulement $= h$, on aura donc la proportion $\frac{G}{3} : h :: \frac{500G}{G - pq} : \frac{1500h}{G - pq}$: dont le dernier terme $\frac{1500h}{G - pq}$ exprimera la denſité que l'on cherche.

Pour donner un exemple, ſuppoſons que la capacité G ſoit remplie de poudre de guerre, renfermée exactement : 1°. La compoſition de cette poudre donne $p = 3h$: 2°. La capacité égale au poids G d'une maſſe de ſalpêtre contient une quantité de poudre, dont le poids égal $\frac{15G}{38}$: enfin la valeur de q connue par d'autres expériences $= \frac{7}{9}$ envi-

ron : on aura donc $h + p = 4h = \frac{15G}{38}$

Ainſi ſubſtituant dans la formule à la place de h les nombres & les valeurs de G & de p, on aura $\frac{1500h}{G-pq} = 1500 \times \frac{\frac{15G}{152}}{G - \frac{45G}{152}} \times \frac{2}{9}$

$= 192$: c'eſt-à-dire que la denſité du fluide qui ſe développe dans la capacité G, égale dans cas préſent 192 fois celle du même fluide, lorſque par ſon élaſticité il eſt en équilibre avec la moyenne preſſion de l'atmoſphère.

125. Pour déterminer enſuite l'élaſticité du fluide qui, renfermé dans une capacité ſe développe dans une quantité de poudre donnée ; on pourra faire uſage d'une des deux formules qu'on trouve dans les *Inſtit. Phyſ. méchan.*

1^e $7200nS$,

2^e $7200\ S \times \frac{}{\frac{3}{2}M - \frac{3}{2}\sqrt[3]{M \times M - N^2}}$

La premiere ſervira, lorſque la denſité du fluide ſera < 20, & la ſeconde, lorſqu'elle ſera > 20. Dans le premier cas, il ſuffira de chercher, ſelon la méthode du paragraphe précédent, la valeur de la denſité du fluide développé. On ſubſtituera cette valeur à la place

de n dans la premiere formule, & l'on aura la preſſion du fluide contre une ſurface S exprimée en livres. Dans le ſecond cas, on mettra dans la deuxieme formule, au lieu de M le nombre 942 qui exprime la denſité du fluide lorſqu'elle eſt renfermée dans le ſalpêtre (§. 123.) & au lieu de n, la valeur de la denſité du fluide développé qu'on aura trouvée en opérant comme dans le premier cas, & l'on aura l'expreſſion en livres de la preſſion qu'exerce ſur une ſurface S, l'élaſticité du fluide développé.

Nous croyons devoir rappeller ici que dans ces deux formules & dans toutes les autres que nous tirerons des *Inſtit. Phyſ. Mec.* pour les employer dans ce Traité, l'unité de meſure eſt le pied liprand & l'unité de poids eſt la livre ; 2°. que la longueur du pendule ſimple dont chaque vibration marque à Turin une ſeconde du tems moyen $= \frac{31}{16}$ de ce pied, enfin, qu'un pied cube de l'eau pure que nous avons employée dans les expériences précédentes, peſe $366\frac{7}{8}$ livres de Turin.

CHAPITRE II.

De quelques méthodes principales pour meſurer la plus grande force de la poudre au moment de ſon embrâſement dans une capacité invariable.

126. Si la meſure de l'élaſticité du fluide permanent, lorſqu'il eſt dans l'état le plus ſimple, renferme des difficultés ſi conſidérables, qu'on peut à peine arriver à une approximation ; quelle eſpérance pouvons-nous avoir d'indiquer avec préciſion la force de la poudre dans le tems de ſon inflammation où le fluide eſt beaucoup plus compoſé, & où différentes cauſes concourent dans le même moment à produire ou à augmenter ſon élaſticité? En effet, nous ignorons la quantité du fluide qui ſe développe dans chaque inſtant de l'embrâſement. Nous ignorons le degré du feu, & la maniere différente dont il ſe répand & ſe propage dans les différentes eſpeces de poudre ou dans la même lorſqu'elle eſt employée dans diverſes circonſtances. Nous ignorons la raréfaction de l'air naturel

naturel qui ſe trouve entre les grains & dans leur intérieur, l'élaſticité de la fumée & l'augmentation de celle du fluide permanent produite par la preſſion qu'exerce ſur lui la dilatation des matieres que nous n'avons regardées comme non élaſtiques, que par comparaiſon avec les autres. Il ſemble que la réſolution d'un problême auſſi compoſé ſurpaſſe les forces humaines ; puiſque, la durée de ce phénomène étant renfermée dans un eſpace de tems très-court, il eſt impoſſible d'examiner, l'une après l'autre, les cauſes qui l'accompagnent ou qui concourent à le produire, & qu'on ne connoît point de moyen ou d'expériences par leſquelles on puiſſe aſſigner ou déduire la quantité & la force de chacune de ces cauſes, ſoit en ſéparant, au moment de l'embraſement, la fumée d'avec le mixte ; ſoit en empêchant la dilatation des matieres non élaſtiques, ou en obſervant la loi qui ſuit le développement du fluide.

Il faut donc néceſſairement ſe contenter de découvrir la plus grande force qui réſulte au moment de l'inflammation, de la réunion de toutes ces cauſes, en employant dans cette recherche les circonſtances déterminantes qu'il eſt en notre pouvoir de fixer. Ainſi, pour éviter de nous engager dans un examen trop

long, nous ſuppoſerons que la poudre s'enflamme dans une capacité remplie de maniere qu'on n'y a laiſſé que les interſtices que produit la figure des grains. Cela poſé, il faut remarquer que la poudre s'enflamme dans une capacité, qui peut ſe trouver dans trois circonſtances différentes.

1°. Lorſque la capacité eſt invariable & que la lumiere eſt déja fermée au commencement de l'embrâſement.

2°. Lorſque la capacité conſervant toujours ſon volume, le fluide peut s'échapper par quelque côté.

3°. Enfin, lorſque dans le tems de l'embrâſement la capacité augmente & que le fluide enflammé trouve une iſſue.

Il eſt clair qu'en mettant la même quantité de poudre de même qualité dans des capacités parfaitement égales, le plus grand degré de force (§. 113.) ſera plus conſidérable dans le premier cas que dans les deux autres & plus dans le ſecond que dans le troiſieme.

127. L'uſage qu'on fait de la poudre dans les opérations militaires ne permet pas que la premiere de ces circonſtances ait lieu : la ſeconde ſe préſente quelquefois dans les fourneaux des mines creuſées dans des mortiers

qu'on ne peut pas comprimer ſenſiblement ; dans les bombes & dans les grenades dont la réſiſtance ſuffit pour les mettre en équilibre avec la poudre qui s'enflamme dans leur intérieur.

Enfin, le troiſieme cas s'obſerve dans les fourneaux des mines qui ſe font dans des matieres ſuſceptibles d'être comprimées & dans les armes à feu chargées ſelon l'uſage.

Nous propoſerons dans ce Chapitre quelques manieres principales de meſurer dans le ſecond cas les plus grandes forces de la poudre enflammée, & nous expoſerons dans les deux Chapitres ſuivants la maniere de la meſurer dans le troiſieme cas, appliquée ſeulement aux armes à feu ; parce qu'il ſuffira de recourir à ce que nous avons dit dans le troiſieme Livre de l'Architecture Militaire & dans le ſecond de l'Artillerie pratique pour réſoudre, avec une approximation ſuffiſante, tous les problêmes qui peuvent ſe rencontrer dans l'uſage de la poudre pour toutes les eſpeces de mines.

128. Pour meſurer la plus grande élaſticité du fluide enflammé qui ſe développe de la poudre, on pourra le comparer immédiatement avec les trois réſiſtances ſuivantes, la peſanteur, la cohéſion & l'élaſticité des corps.

Il réſulte des expériences qu'on rapportera

que, ſi la poudre de guerre brûle dans une capacité invariable qui en ſoit remplie & de laquelle le fluide élaſtique puiſſe s'échapper par la lumiere (§. 126. n° 2.), ſa plus grande élaſticité dans le tems de l'inflammation égale environ mille-huit-cent fois la preſſion de l'atmoſphère. Il eſt donc néceſſaire que les machines deſtinées à examiner la plus grande force des poudres du §. 40, ſoient capables d'une très-grande réſiſtance, & que les poids qui donnent l'expreſſion de cette force, ſoient très-conſidérables. De-là naît la difficulté de faire les expériences & de combiner les machines pour qu'elles aient l'exactitude & la préciſion qui ſont néceſſaires.

129. Si pour éviter d'employer des poids très-lourds ou pour ne pas trop compliquer la machine, on brûle une quantité de poudre beaucoup moindre que celle qui peut être contenue dans la capacité, il arrivera que le fluide qui ſe développera au commencement de l'inflammation, s'éloignant auſſi-tôt du foyer, ne pourra recevoir le même degré de chaleur qu'il éprouveroit, ſi la poudre s'allumoit dans tous les points de la capacité. Ainſi ſon élaſticité ſera plus ou moins augmentée par le feu, ſoit à proportion de la grandeur des capacités ſi l'on emploie la même quan-

tité ; ſoit en raiſon de cette quantité, ſi l'on ſe ſert de la même capacité : il ſuit de-là, que ſi l'on veut connoître la plus grande élaſticité de la poudre par les effets d'une petite quantité de cette matiere allumée dans une grande capacité, il faut faire une longue ſuite d'expériences avec des quantités de poudre différentes, juſqu'à ce qu'on ait découvert dans l'élaſticité du fluide enflammé la loi qui ſert à déterminer ſa plus grande preſſion.

130. Il eſt encore néceſſaire de choiſir une capacité dont la forme réuniſſe la poudre de maniere qu'elle puiſſe s'enflammer entièrement avec la plus grande promptitude & qu'elle touche immédiatement la ſuperficie du corps réſiſtant, dont le mouvement doit faire connoître l'élaſticité du fluide. Car ſi le fluide enflammé avoit à parcourir un certain eſpace pour atteindre à la ſurface du corps qu'il doit mouvoir, il n'agiroit pas ſur lui par un mouvement de preſſion, qui communiqueroit au mobile une force beaucoup plus grande que celle qui eſt l'objet de nos recherches ; il eſt donc eſſentiel que le contact de la poudre & du mobile ſoit immédiat, ſi l'on veut que l'expérience puiſſe être concluante.

131. Dans les épreuves ordinaires de la

poudre qu'on fait avec le petit mortier, on oppoſe à ſa force la peſanteur du globe qu'elle doit chaſſer : mais cette expérience ne peut pas faire connoître ſa plus grande élaſticité ; car le poids de ce globe étant trop foible relativement à cette élaſticité, il ſe meut avant que la force de la poudre ſe ſoit développée entierement & change, par ce moyen, la capacité dans laquelle le fluide ſe répand.

L'inſtrument perpendiculaire que nous nommons *éprouvette*, eſt une machine inventée depuis long-tems pour comparer la force de différentes eſpèces de poudre par le moyen de la peſanteur : mais ſi l'on veut découvrir, par ces épreuves, la plus grande élaſticité de la poudre, il faut que le poids QMNQS qui doit ſe mouvoir de bas en haut, ſoit beaucoup plus peſant que ceux qu'on emploie ordinairement, afin qu'il n'obéiſſe au mouvement que dans le tems où l'élaſticité eſt à ſon plus haut degré, il doit auſſi ne parcourir qu'un très-petit eſpace & ne s'élever qu'à une hauteur ſuffiſante pour faire connoître que ſa peſanteur a cédé à l'action du fluide enflammé : on pourra augmenter ou diminuer ce poids autant qu'il ſera néceſſaire, en le creuſant ainſi qu'on le voit en QSQ & en plaçant dans ſa cavité des matieres peſantes qui

Fig. 7.

puiſſent s'y arranger uniformement, telle que la grenaille de plomb : ce qui conſervera ſon centre de gravité dans l'arc vertical ST de la capacité cylindrique ; enfin on placera à chaque côté de l'éprouvette deux montants cannelés, afin que la maſſe QMNS s'élevant, ſes dents ou guides LL gliſſent verticalement dans les cannelures.

132. La formule $7200\,nS = P$ (*Inſt. Phyſ. Mec.*) dans laquelle n exprime l'élaſticité du fluide & S la ſuperficie qu'il comprime, fait voir que ſi, dans cette éprouvette, le diamètre EF de la capacité cylindrique eſt d'un vingt-quatrieme de pied, S ſera $= \frac{1}{778}$: ainſi en mettant 1800 au lieu de n, on aura $7200nS = 7200 \times 1800 \times \frac{1}{778} = 16658$, c'eſt-à-dire, que le poids QMNR ne doit pas être moindre ~~que~~ de 16658 livres pour être ſoulevé un peu par l'élaſticité du fluide portée à ſon plus haut degré : mais comme un pareil poids eſt très-peſant, & par conſéquent difficile à manier, ſi on veut meſurer le même degré avec une maſſe moins conſidérable, il faut diminuer la valeur de S ſans rétrécir la capacité cylindrique, ce qui peut ſe faire de la maniere ſuivante.

Fig. 8. 133. Dans l'éprouvette ABCD on pratiquera la cavité cylindrique CIKD, dont la profondeur ſera réglée de maniere qu'après avoir appliqué la vis GCPHD, qui doit être d'une longueur ſuffiſante pour réſiſter aux plus grands efforts de la poudre, la hauteur GI de la capacité IKGH qui contiendra la charge, reſte égale à-peu-près au diamètre GH; dans le milieu de la vis on fera un canal cylindrique OP auquel on donnera un peu plus de largeur vers P. On y introduira une cheville de fer de la même forme, polie & calibrée de maniere que le fluide ne puiſſe pas s'échapper entre ſes parois & celles du canal. Elle portera ſur le rebord qu'on a creuſé vers P pour l'empêcher de tomber dans la chambre de la poudre. Après avoir placé perpendiculairement l'axe cylindrique VP, on mettra ſur la tête de la cheville un poids dont le centre de gravité ſera dans l'axe VP & dont les guides qu'on enchâſſera dans les deux cannelures des montants, gliſſeront de bas en haut, parallelement à VP, ainſi que dans la figure précédente. Lorſqu'on aura rempli de poudre la capacité GIKH & qu'on y aura mis le feu par la lumiere X, le fluide enflammé prenant ſur toute la ſurface de la capacité, élevera la cheville OP & par conſé-

quent le poids dont elle eſt chargée ; ce poids doit être augmenté ou diminué comme nous l'avons dit (§. 131.) juſqu'à ce qu'on ſoit parvenu au point où il ne ſera qu'un peu ſoulevé par l'effort de la poudre. Ce degré d'élévation fera connoître la preſſion du fluide : car, en exprimant en livres la valeur du poids P, on connoîtra, dans l'équation $7200nS=P$, la valeur de S qui eſt égale à la barre O de la cheville OP. On trouvera donc facilement celle de *n* qui exprimera l'élaſticité du fluide dans les circonſtances que nous avons décrites.

134. On peut employer différentes méthodes pour connoître la plus grande force de la poudre par le moyen de la cohéſion des parties conſtituantes des corps. Premierement, quelques expériences ſimples, dirigées par les principes que nous avons donnés dans nos *Inſt. Phyſ. Mec.* ſuffiſent pour conduire à la réſolution du problême. Par exemple, rempliſſez de poudre un cylindre d'un métal homogêne & dont les parois aient une épaiſſeur égale ; fermez la capacité par une forte vis & aſſujettiſſez fortement l'autre barre afin que le métal ne puiſſe céder qu'à la portion du fluide qui agira ſur la ſuperficie cylindrique. Enfin allumez la poudre par une petite lumiere placée au milieu de la longueur du

cylindre, afin que l'inflammation ſoit plus prompte & plus conſidérable : auſſi-tôt que vous verrez qu'il commence à ſe fendre ſelon ſa longueur, vous connoîtrez l'équilibre entre la réſiſtance de ſes parois & la plus forte élaſticité du fluide.

La formule qui ſert à trouver cet équilibre eſt $7200nS = mq$ (*Inſt. Phyſ. Mec.*), dans laquelle r exprime le rayon, m l'épaiſſeur des parois, q le nombre de livres néceſſaires pour opérer une rupture d'un pied, quelle que ſoit la cohéſion du métal dont le cylindre eſt fait. Or, comme on connoît dans cette expérience les valeurs de r & de m & qu'on trouvera celle de q en cherchant la cohéſion du métal par des expériences particulieres ſur des morceaux détachés du cylindre; ſi on ſubſtitue ces valeurs dans la formule, on connoîtra celle de n qui exprimera la plus grande élaſticité du fluide.

On pourra obſerver ici, qu'en faiſant ces expériences, on réuſſit plus promptement lorſqu'on employe des cylindres plus épais qu'il ne faut & qu'on les amincit un peu après chaque décharge, juſqu'à ce qu'on les réduiſe à une épaiſſeur qui commence à ceder à l'exploſion de la poudre.

135. 2°. On peut ſe ſervir de la machine ſui-

vante pour meſurer l'élaſticité de la poudre par le moyen de la cohéſion des parties des corps.

A B C D eſt un cylindre de bronze ou de fer, dans l'intérieur duquel on a pratiqué une cavité cylindrique E F G H qui contient la poudre. Elle ſe ferme par le moyen de la vis I EFK, dont la longueur doit égaler au moins les $\frac{2}{3}$ du diamétre E F. C'eſt dans cette vis qu'on creuſe la lumiere L M. Au fond G H de la capacité, eſt un canal cylindrique dans lequel on met la cheville de fer OP trempé & polie. Elle porte perpendiculairement ſur une pièce de fer trempé Q Q, qui croiſe & déborde la groſſeur du cylindre. SS eſt encore une lame de fer amincie dans ſon milieu X Y & percée à ſes extrémités de deux trous 8, 8 pour entrer dans les jambes de fer R T, qui doivent être unies ſolidement au cylindre ABCD. Au deſſous de cette lame on met une plaque de plomb W W, qui couvre une autre pièce de fer V V, & l'on contient le tout par les écroux Z Z. Fig. 9 & 10.

Ces diſpoſitions faites, on allume la poudre renfermée dans la capacité E F G H; alors le fluide enflammé preſſe la baze O de la cheville O P & par conſéquent la pièce de fer Q Q, qui, appuyant ſur la portion mince de la lame SS, tend à la rompre dans cette partie &

la rompt en effet, lorſque l'action de la poudre eſt plus forte que la réſiſtance de la lame. Le plomb W, le fer V V empêchent qu'après la rupture de cette lame, la verge de fer parcoure un grand eſpace & font par ce moyen que la capacité E F G H ne varie que le moins poſſible. On recommence l'expérience avec une quantité égale de la même poudre : mais on emploie à chaque fois une lame S X Y S, de différente groſſeur X Y, juſqu'à ce qu'on en trouve une qui, en ſe rompant, cede à peine à l'action du fluide. On met enſuite à ſa place une autre lame de groſſeur égale & après avoir élevé la machine par ſes tourillons 10, 10 & l'avoir attachée à une hauteur convenable, on poſe ſur le fer Q Q, l'anſe 12, 11, 12, au point le plus bas de cette anſe, on attache des chaines 11, qui ſoutiennent un baſſin qu'on charge de différens poids, juſqu'à ce que la lame ſe rompe.

Le poids P néceſſaire pour rompre la lame S S étant connu par ce moyen, ſi dans la formule $7200\,ns = P$, on met ſa valeur exprimée en livres & qu'on ſubſtitue à S celle de la barre O de la cheville O P, on aura la valeur de n que l'on cherche.

136. On peut encore combiner cette machine d'une autre maniere, au lieu du canal

OP & des parties placées au-deſſous de C D, on pratique la cavité cylindrique 2, 3, on y introduit la cheville 2, 3, qui doit la remplir exactement & qui touche la pièce de fer 4, 5 enchâſſée dans l'épaiſſeur de la machine & dont le côté extérieur 4, 4, eſt au niveau de la ſurface du cylindre. Autour du cylindre A B C D & vis-à-vis de la cheville, on met un anneau de fer 6, 7, d'une épaiſſeur convenable & qui doit être proportionné de maniere que ſa ſurface intérieure touche la pièce de fer 4, 4.

Après chaque décharge, on lime cet anneau dans la partie 7, 7, juſqu'à ce qu'il n'ait plus qu'une épaiſſeur qui cede à peine à l'action de la poudre; mais il faut avoir attention de placer la machine de maniere qu'il y ait du côté 7, 7, par lequel l'anneau doit ſe rompre, un corps ſolide placé à une très-petite diſtance, afin qu'après la rupture, la cheville de fer ne parcoure qu'un très-petit eſpace; ce qui eſt important par les raiſons que nous avons expoſées précédemment.

Lorſque l'expérience aura fait découvrir l'épaiſſeur qu'on deſire, on cherchera quel eſt le poids qui peut rompre un autre anneau de même métal & d'une groſſeur égale au premier; pour cet effet, on applique l'anneau à

un cylindre de bois dur & d'une proportion exacte, ſa longueur ſera reglée de maniere que la pièce de fer 4, 4 déborde ſuffiſamment pour qu'on puiſſe y attacher l'anſe de fer Q, 11, Q. On emploie dans cette épreuve la même pièce 4, 4 & le cylindre, afin que la barre qui comprime l'anneau ſoit la même, & que celui-ci ne change point de forme par l'action du poids qui doit le rompre. Lorſqu'on aura trouvé de cette maniere le poids= P, il faut, pour avoir l'élaſticité=*n*, compoſer une formule particuliere dans laquelle on fera entrer la valeur de la barre 2, 3, celle du rayon de la circonference intérieure de l'anneau & celle de l'épaiſſeur de l'anneau dans la partie où il s'eſt rompu.

137. Il réſulte des expériences qui ont été faites avec les machines que nous avons décrites (§. 133, 134, 135,) que ſi on remplit la capacité cylindrique de poudre fine de guerre ſans l'y comprimer, la plus grande élaſticité= *n* égalera, dans un tems ſec, 1900 fois la preſſion moyenne de l'atmoſphere, & 1400 fois ſeulement, ſi l'atmoſphere eſt très-chargée de vapeurs; ce qui fait voir que la poudre fine eſt une eſpece d'aréomètre.

Dans les machines que nous avons employées, le diamètre de la capacité cylindri-

† base de la cheville 2,3

que & la hauteur, étoient l'une & l'autre, de cinq points: ainſi cette capacité contenoit trois deniers & demi de poudre. Si l'on fait attention aux principes que nous avons établis dans la premiere partie de cet Ouvrage, il ſera facile de juger qu'en augmentant à un certain point la capacité ſans augmenter la lumiere, l'élaſticité de la poudre dont elle aura été remplie, ſera beaucoup plus forte que celle que nous venons de trouver, non-ſeulement parce que l'intenſité du feu ſera plus conſidérable; mais encore parce qu'il s'échappera moins de fluide élaſtique proportionnellement à ſa maſſe. Pour connoître à quel degré peut parvenir l'élaſticité, quand la poudre ne s'allume que lorſque la lumiere eſt fermée, on pourra ſe ſervir d'un moyen ſemblable à celui que nous avons décrit (§. 111.) Au milieu de la vis I E F K, on pratiquera un canal L M dont les parois ſeront creuſées en filets pour recevoir la vis G, &c. qu'on y fera tourner rapidément en donnant un mouvement violent au manche. Cette vis doit être un peu plus longue que le conduit L M, afin que, dans l'inſtant où ſa tête s'appliquera exactement à la ſuperficie I K, la pointe qu'on aura fait rougir ſortant de l'orifice M, enflamme la poudre contenue dans la capacité E F G H.

138. Si l'on joint ce que nous venons d'expoſer ſur la maniere d'éprouver la force de la poudre par la péſanteur & par la cohéſion, à ce que nous avons dit dans nos *Inſtit. Phyſiq. Mec.* il ſera facile de trouver quelques moyens d'employer l'élaſticité pour meſurer cette même force (§. 127.) Il ſuffit pour cet effet, d'oppoſer au mouvement de la cheville de fer, un reſſort tendu fortement; mais il faut obſerver que la plus grande force de la poudre ne doit augmenter ſa tenſion qu'autant qu'il eſt néceſſaire pour s'en appercevoir par l'impreſſion du reſſort ſur de la cire molle ou par quelqu'autre moyen qu'on jugera plus convenable.

139. Avant de terminer ce chapitre, il ne ſera pas inutile de remarquer les différences qu'on obſerve dans l'activité du feu, lorſqu'on brûle même quantité de poudre dans des capacités inégales.

Adaptez à une des trois machines, *fig.* 8, 9 & 10, à celle de la *figure* 8, par exemple, une autre vis E F M N que vous placerez dans la partie C D G H de l'éprouvette & dans laquelle vous pratiquerez un canal très-étroit T Y : a l'extrémité inférieure de la vis faites une cavité en forme de cône tronqué M N R S, qui ſera remplie exactement par un morceau

ceau d'étain, de la même forme & percé dans le milieu, afin de ne pas boucher le conduit T Y. Après avoir fermé la lumiere X I, & rempli de poudre la capacité I K G H, placé la vis E F M N, & allumé la poudre par le canal T Y, tout le fluide élaſtique s'échappera par ce canal. Otez la vis E F, & vous verrez qu'une partie de l'étain s'eſt fondue dans le moment de la décharge. Pour ramaſſer la matiere qui ſe liquéfie dans cette expérience, il faut, avant que d'allumer la poudre, mettre devant le canal T Y, & à la diſtance d'un pied, une planche dont la ſuperficie ſoit raboteuſe; l'étain fondu s'y attachera dans l'exploſion.

Si on allume la même quantité de poudre dans une capacité beaucoup plus grande, l'étain ne ſe liquéfiera pas; & ſi on la brûle en plein air ſur une feuille de papier, il arrivera quelquefois que le papier ne ſera endommagé que dans quelques petites parties. Cette différence conſidérable dans les effets ſuffit pour prouver celle de l'activité du feu; elle fait voir auſſi que, dans le tems de l'inflammation, l'élaſticité du fluide doit être fort différente dans les expériences que nous venons de rapporter.

Cette obſervation, jointe à ce que nous

dirons par la ſuite, ſervira à expliquer la promptitude avec laquelle une arme s'échauffe, & l'élargiſſement de ſa lumiere, lorſqu'on tire pluſieurs coups de ſuite avec des bourres comprimées fortement ; au-lieu que ces mêmes effets ſe font remarquer plus tard, lorſque les bourres ne ſont pas refoulées, quoiqu'on employe la même quantité de poudre pour chaque coup & qu'on mette le même intervalle entre les décharges.

Enfin, la même vis E F M N peut faire connoître quel eſt le métal qui doit être préféré pour mettre le grain aux canons. Il faut faire un cône tronqué de chacun des métaux qu'on veut eſſayer & les placer en M N R S ; le meilleur ſera celui que l'action de la poudre aura moins alteré.

CHAPITRE III.

Des modifications du développement du fluide dans l'ame cylindrique d'une arme à feu, lorſqu'un obſtacle l'empêche de s'échapper par la bouche de la piece.

140. LORSQU'ON n'emploie pas une charge de poudre trop petite, ou une pièce trop longue, les projectiles des bouches à feu ſont pouſſés continuellement par le nouveau fluide élaſtique, qui ſe développe pendant qu'il parcourt la longueur de l'ame. Ce mouvement accéléré, conſidéré, ſoit dans ſon commencement, ſoit dans ſa continuité, eſt toujours un mouvement de preſſion, lorſque la bouire ~~poudre~~ a été refoulée fortement ſur le boulet, ou que la balle trouve quelques autres obſtacles comme dans les carabines rayées ou enfin, toutes les fois que le projectile, en commençant à ſe mouvoir, éprouvera une réſiſtance égale ou ſupérieure aux efforts du fluide qui tend à ſe propager vers la bouche

de la pièce. Mais ſi ce projectile ne trouve point de réſiſtance, ou qu'elle ſoit moindre que l'action du fluide, comme il arrive lorſqu'on ne met point de bourre ſur le boulet, ou qu'on ne la comprime pas, ou que celle qui eſt placée entre la bourre & la balle, eſt telle qu'elle ne peut être pénétrée facilement par le fluide comme les bouchons de paille ou de foin tortillé; dans toutes ces circonſtances, le projectile recevra un mouvement d'impulſion. Dans le premier cas, ſa viteſſe à chaque point de la longueur de l'ame, ſera en raiſon ſous-doublée de la ſuperficie qui exprimera la ſomme des preſſions dans chacun des eſpaces parcourus par le boulet; mais dans le ſecond cas, ſa viteſſe ſera compoſée de la premiere & de la viteſſe uniforme que l'impulſion du fluide lui aura communiquée. Nous nous arrêterons au premier qui eſt le plus ordinaire dans la pratique, puiſqu'il comprend les charges refoulées. (§. 109.)

141. Si la loi que ſuit le développement du fluide étoit conſtante, & ſi l'activité du feu de laquelle dépend la plus grande élaſticité étoit uniforme, quelques expériences ſuffiroient pour déterminer dans chaque eſpace l'échelle des preſſions, & cette échelle ſerviroit pour toutes les armes de quelque ca-

libre qu'elles fuſſent ; mais l'un & l'autre ſont modifiés par un ſi grand nombre de circonſtances, que le réſultat des expériences ne donne jamais que des ſolutions particulieres.

Avant que d'expliquer comment on détermine ces cas particuliers, nous examinerons ſous un point de vûe général, les modifications qui naiſſent des différences qui ſe trouvent dans la réſiſtance qu'on oppoſe à l'iſſue du fluide par la bouche de la pièce. Afin de faire connoître de quelle importance eſt cet examen, nous ajouterons à ce que nous avons dit ailleurs quelques expériences familieres qui démontreront que le développement du fluide differe d'autant plus qu'il y a plus de différence dans la réſiſtance qu'on oppoſe à ſon iſſue par la bouche de la pièce.

142. Cette réſiſtance peut varier non-ſeulement par la maſſe du boulet & du bouchon ; mais encore par leur frottement contre les parois de l'ame dans la partie contigue à la charge. Pour augmenter ce frottement, on emploie des bouchons qui entrent difficilement dans la pièce, on les preſſe juſque ſur la poudre, & on les refoule. Par ce moyen la poudre eſt raſſemblée dans un eſpace plus étroit & toute ſa maſſe eſt plus rapprochée ; d'où il ar-

rive, comme nous l'avons dit dans la premiere partie, qu'elle s'allume & ſe conſume avec plus de rapidité, & que l'activité du fluide eſt plus conſidérable, pourvu que le refoulement laiſſe un intervalle ſuffiſant entre les grains pour la propagation du feu.

143. On prit quelques cannes de roſeaux mûres & féches, on les coupa dans les nœuds & on en fit des canons qu'on partagea en trois rangs. Chacun d'eux étoit numeroté, & le canon du n° 1 d'un des rangs avoit la même longueur & le même diamètre que le n° 1 des deux autres. Il en étoit de même des canons qui portoient les n°s 2, 3, &c.

On les chargea tous avec une quantité de poudre de mouſquet, qui occupoit dans chacun d'eux la longueur d'un diamètre : ainſi la charge étoit égale dans les trois canons qui portoient le même numero. On enfonça légerement une bourre de chiffon dans ceux du premier rang, on ajouta à cette bourre une balle de plomb dans ceux du ſecond; enfin, dans les canons du troiſième rang, on fit entrer de force une bourre pareille ; mais on n'y mit point de balle.

L'exploſion fit éclater tous les canons du troiſième rang & plus de la moitié de ceux du ſecond; mais les canons du premier reſte-

rent entiers; quoiqu'ils euſſent été tirés quatre ou cinq fois de la même maniere.

Les effets ont été preſque les mêmes dans des expériences faites avec des canons de fer blanc dont chacun avoit $\frac{1}{4}$ de pied de longueur & un diamètre égal à celui d'une balle qui peſe les $\frac{7}{8}$ d'une once.

On ne voit d'autre différence dans les canons des trois rangs; par exemple, dans ceux qui portoient le n° 1, que celle de la réſiſtance qui s'oppoſoit à l'iſſue du fluide par la bouche du canon. La force d'inertie de la balle dans celui du ſecond rang & l'augmentation du frottement dans celui du troiſième, rendoit cette réſiſtance plus conſidérable dans ces canons que dans celui du premier rang. Il eſt donc évident, que plus l'obſtacle eſt puiſſant, plus il ſe développe de fluide dans une pièce, & l'on peut conclure auſſi de ces expériences, que la réſiſtance qui naît du frottement, peut augmenter au point qu'elle ſurpaſſe celle qui provient de l'inertie de la balle.

Les Mineurs qui creuſent des trous dans les rochers pour les faire éclater, nous offrent un exemple familier qui prouve de quelle force eſt la réſiſtance qui provient du frottement : après avoir fait un trou profond de 6

ou 8 pouces, ils en rempliſſent environ la moitié avec de la poudre & le reſte avec de la terre qu'ils comprriment fortement. Ils allument enſuite la poudre par le moyen d'un ſauciſſon qui traverſe la terre. Le frottement & l'adhérence de la terre aux parois du trou ſont ſi conſidérables, que la poudre, ne pouvant ſe faire une iſſue de côté, eſt forcée de fendre le rocher.

144. Dans les expériences du paragraphe précédent, nous nous ſommes ſervis de la réſiſtance des canons pour prouver que l'élaſticité du fluide eſt plus grande à proportion que le fluide trouve un plus grand obſtacle vers la bouche de la pièce. Nous allons démontrer cette vérité par la viteſſe avec laquelle les ballès ſont chaſſées.

Fig. 11. On prend trois canons de piſtolets d'égale longueur ; l'ame de deux de ces canons faite à la maniere ordinaire eſt d'un même diamètre dans toute ſa longueur; mais dans le troiſième le diamètre n'eſt égal à celui des autres que dans la partie A B qui contient la charge, & il diminue de B en C, de ſorte que la balle de plomb P ne peut s'introduire dans la partie B C, & la parcourir, ſans que ſa forme n'en ſoit altérée.

Pour charger ce canon que nous indique-

rons par le n° 3, on ôte la vis A F & mettant l'arme dans une poſition verticale, on place en premier lieu, la balle; enſuite la poudre qui doit monter juſqu'en A, & dont la quantité eſt telle qu'elle puiſſe s'enflammer entierement. Après l'avoir ainſi chargé, on replace la vis. On met dans les deux autres canons une pareille quantité de poudre de même qualité & une balle du même diamètre & d'un poids égal; mais dans celui que nous déſignerons par le n° 1, on applique légerement la bourre & ſeulement pour contenir la poudre dans ſa place; au-lieu que dans le canon du n° 2, on introduit une bourre, qui n'y entre que difficilement, & qu'on pouſſe juſqu'à ce qu'elle touche la poudre; mais on ne la comprime pas afin de ne point diminuer le volume de la poudre, qui doit être le même dans les trois pièces.

En tirant ces canons contre le même but, on verra que la balle du n° 2 s'eſt enfoncée plus profondément que celle du n° 1 & la balle du n° 3 beaucoup plus que celle du n° 2, on verra même que l'enfoncement de la balle du n° 3, eſt égal à celui d'une balle qui ſeroit chaſſée par un canon d'une longueur double ou triple & chargé comme celui du n° 1.

145. Après avoir prouvé que la différence dans l'eſpece de réſiſtance dont il s'agit ici, produit des modifications très-conſidérables dans le développement du fluide (ce qu'on pourroit confirmer encore par un grand nombre d'autres expériences), nous allons examiner ces modifications. Pour rendre l'examen plus facile, déterminons les circonſtances ſuivantes. 1° Que la charge ſoit toujours raſſemblée de la même maniere au fond de l'ame qui ſera cylindrique, & le canon toujours tiré ſous la même direction.

Que la réſiſtance oppoſée à l'exploſion de la poudre par la bouche de la pièce, ſoit exprimée par la peſanteur d'un corps de forme cylindrique & d'un calibre proportionné exactement à l'ame du canon; de ſorte qu'en variant la longueur de ce corps, on change proportionnellement la réſiſtance.

2° Que la charge ſoit telle que tous les grains s'enflamment avant que l'obſtacle commence à ſe mouvoir, mais qu'ils ne ſoient point encore conſumés; ce qui arrive comme l'expérience le prouve dans les charges modérées, lorſqu'on oppoſe une réſiſtance ſuffiſante au fluide du côté de la bouche du canon.

Après avoir établi ces conditions, ſuppo-
Fig. 12. ſons que dans le cylindre ABCD fermé en

AC, la quantité de poudre qu'on veut allumer occupe la partie AE & que R exprime le corps réſiſtant qui eſt contigu à la poudre en E. Si le fluide élaſtique ſe développoit entierement avant que le corps R, commençât à ſe mouvoir d'une maniere ſenſible; & s'il conſervoit, en parcourant la longueur EB de l'ame, le degré de chaleur qu'il produit l'embrâſement total des grains, la preſſion de ce fluide dans la partie AE ſeroit la plus forte qu'on pût attendre de l'eſpèce de poudre qu'on a employée : ainſi exprimant cette preſſion par la ligne EF perpendiculaire à AB, celles que le fluide exerce dans les eſpaces AH, AG, AI, &c. ſeront exprimées par les perpendiculaires HL, GM, IN, &c. Or, ſi l'on ſuppoſe qu'il ne ſubit d'autre modification qu'une dilatation proportionnelle à l'augmentation de la capacité dans laquelle il ſe propage, les perpendiculaires HL, GM, IN, &c. ſeront à EF en proportion réciproque des diſtances, AE, AH, AG, AI, & la ligne qui paſſera par les extrémités F, L, M, N, O ſera une hyperbole équilaterale entre les aſymptôtes AB, AW.

146. Nous avons ſuppoſé que le fluide élaſtique s'étoit entiérement développé avant que le projectile commençât à ſe mouvoir

& qu'il avoit conſervé le degré de chaleur que la poudre lui avoit communiqué en ſe conſumant : mais la ſeconde partie de cette ſuppoſition eſt évidemment impoſſible ; car une poudre bien faite, ne laiſſant échapper tout le fluide qu'elle contient, que lorſque les matieres nitreuſes,& combuſtibles qui entrent dans ſa compoſition, ſont entièrement conſumées, la chaleur doit diminuer auſſitôt que le feu eſt éteint ; & cette diminution doit être plus conſidérable à meſure que le fluide ſe propage dans l'ame de la piece. Il ſuit de-là que la preſſion dans les points H, G, I, K, ſera néceſſairement moindre que les perpendiculaires correſpondantes HL, GM, IN, KO, &c.

Quant à la premiere partie de cette ſuppoſition, elle ne peut être admiſe que dans le cas ou la réſiſtance du corps R égaleroit ou ſurpaſſeroit la plus grande preſſion du fluide dans la portion AE du cylindre : mais ſi le mobile R doit céder à l'action de la poudre, alors comme le développement du fluide eſt toujours ſucceſſif, ainſi que nous l'avons démontré, R commencera à ſe mouvoir vers B auſſi-tôt qu'il ſera développé une quantité de matiere élaſtique ſuffiſante pour vaincre la réſiſtance. Ainſi non-ſeulement la preſſion

contre chaque point phyſique de la capacité A C E, ſera exprimée par une ligne droite plus courte que la ligne E F; mais même, ſi la peſanteur du mobile R eſt diminuée au point qu'elle ne faſſe que la moindre réſiſtance poſſible, la ligne qui exprimera la preſſion du fluide lorſqu'il commencera à mouvoir le corps R, ſera la plus courte de toutes les lignes qu'on peut élever entre F & E.

147. La colonne d'air qui eſt contenu dans l'ame de la piece & qui communique avec l'air extérieur, eſt la plus foible réſiſtance qu'on puiſſe oppoſer à la dilatation du fluide qui commence à ſe développer dans la capacité A E. Donc, ſi l'on exprime par E V la preſſion du fluide qui commence à mouvoir cette réſiſtance & par H T celle qu'il exerce dans la capacité A H, la ligne H T ſera plus grande qu'une quatrième proportionnelle aux trois droites A H, A E, E V, parce que le fluide, en parcourant l'eſpace E H, acquiert continuellement une plus grande élaſticité par le développement ſucceſſif d'une nouvelle matiere élaſtique : il en ſera de même des lignes qui exprimeront les preſſions contre les capacités A G, A I, &c. juſqu'à ce que la poudre ſoit entierement conſumée ; ainſi, la ligne V T S 2, qui paſſe par l'extrémité des

perpendiculaires qui expriment les preſſions ; ſera l'échelle qui déterminera la limite de la preſſion la plus foible que le fluide puiſſe exercer dans la capacité ABCD.

148. Mais auſſi-tôt que la poudre ſera totalement conſumée, la proportion changera entre les lignes qui expriment les preſſions du fluide.

Suppoſons que les grains achevent de ſe conſumer lorſque le fluide parviendra en I, & que ſa preſſion dans la capacité A I ſoit exprimée par I 2. Cette ligne ſera néceſſairement plus courte que I N ; car, ſelon notre ſuppoſition, I N repréſente non-ſeulement l'effet de toute la maſſe du fluide, mais encore du plus grand degré de chaleur que puiſſe produire l'inflammation preſque ſimultanée de toutes les matieres combuſtibles : au-lieu que, dans le produit I 2, ſi le fluide a la même maſſe il n'a pas le même degré de chaleur, puiſqu'il n'eſt échauffé que par l'inflammation d'un petit nombre de grains ; ainſi ſon élaſticité, & par conſéquent ſa preſſion, doivent être moins conſidérables ; donc l'échelle V T S 2 ne pourra jamais toucher l'hyperbole F L M N O qu'on peut regarder comme la limite de la plus grande preſſion du fluide.

Lorſque le fluide ſera arrivé en K, la preſ-

ſion K Q ſera moindre qu'une quatrième proportionnelle aux trois droites AK, AI, I 2 ; car, pendant le tems qu'il parcourra l'eſpace I K, il ne ſe développera point de nouveau fluide & une partie de la chaleur ſe diſſipera ; ces deux cauſes diminueront donc l'élaſticité.

On peut faire le même raiſonnement lorſque le fluide ſera parvenu en 3, & dans les autres points ſucceſſifs : donc l'échelle des preſſions V T S 2 Q P commencera à ſe courber au point 2, de manière que la partie 2 Q P s'approchera toujours de plus en plus de la droite A B, juſqu'à ce que la preſſion du fluide ſe mette en équilibre avec l'air de l'atmoſphère. Mais lorſque la charge eſt auſſi conſidérable, cet équilibre exigeroit un canon d'une très-grande longueur, ſi le fluide ne trouvoit point d'iſſue par la lumiere de la pièce.

149. L'échelle doit néceſſairement commencer par s'éloigner de A B dans ſa partie V T S 2, en avançant de V vers 2 ; mais enſuite elle peut ou continuer à s'éloigner, ou lui devenir parallele, ou enfin convergente : cela dépend des qualités de la poudre & d'autres circonſtances qui en modifient les effets, & que nous avons expoſées ailleurs.

150. Comme il eſt néceſſaire qu'il ſe développe une plus grande quantité de fluide dans

la partie AE, & qu'il s'y conſume un plus grand nombre de grains lorſque la réſiſtance du corps R eſt plus conſidérable (§. 145.), il réſulte de ces effets que la chaleur étant augmentée dans cette partie, la poudre s'y conſumera plus promptement : ainſi plus la réſiſtance de R ſera forte, plus le point où ſe terminera l'embrâſement total de toutes les matieres combuſtibles s'approchera du lieu qu'occupe la charge. La vraie échelle des preſſions XYZ ſera donc entre les deux limites que nous avons aſſignées, (§. 147. 148. 149.) : mais elle ne pourra les toucher que lorſque la poudre ſera totalement conſumée. Quant à la proportion ſuivant laquelle l'augmentation de chaleur précipite l'embrâſement de la poudre qui parcourt la longueur de l'ame, le grand nombre de circonſtances capables de modifier les effets de la poudre & l'impoſſibilité où nous ſommes de déterminer quelques-unes d'entrelles (*premiere partie*) mettront toujours dans la néceſſité de n'établir cette proportion que pour des cas particuliers.

151. Lorſque le corps R peut être déplacé, la preſſion du fluide dans la partie AE étant proportionnelle à la réſiſtance que R lui oppoſe, ſi la peſanteur de ce mobile

bile ne varie point, il importera peu que dans ce cas le fluide ſe développe avec plus ou moins de précipitation; & la preſſion par laquelle il commencera à mouvoir le corps R, ſera toujours la même, quelles que ſoient la quantité & la qualité de la poudre qui s'allume dans le lieu qui occupe la charge.

152. Mais les preſſions du fluide contre les autres capacités AH, AG, AI, ſeront modifiées, non-ſeulement par la maſſe de matière élaſtique qui ſe ſera développée dans la partie AE; mais encore par la quantité & par la qualité de la poudre qu'on aura employée & par la groſſeur des grains. Suppoſons que la charge AE ait donné l'échelle des preſſions XYZ, ſi on diminue la capacité AE de manière qu'elle ſoit égale à KE & qu'on rempliſſe celle-ci de poudre de même qualité & raſſemblée comme celle de la charge AE, on aura la même preſſion EX, en employant la même réſiſtance R. Mais dans les capacités KH, KG, les preſſions HL, GM, ſeront plus courtes que celles HY, GZ. L'égalité de la preſſion EX dans les deux charges, provient de ce que la même quantité de fluide s'eſt développée dans les deux capacités, AE, KE, lorſque la réſiſtance R a commencé à ſe mouvoir; donc ſi la charge Fig. 13.

n'avoit pas fourni de nouvelles matières élaſtiques pendant que le fluide s'eſt avancé de E en H, ſuppoſant EH = AE, & KE = $\frac{AE}{2}$, la preſſion de la charge AE dans la capacité AH, ſeroit à la preſſion de celle KE dans la capacité de KH, comme $\frac{1}{1} : \frac{1}{3} :: 3 : 2$; parceque l'élaſticité eſt proportionnelle à la denſité. Mais pendant que la matiere élaſtique parcourt l'eſpace EF, il ſe développe de nouveaux fluides dans les deux charges, & ce développement eſt plus conſidérable dans la plus forte; ainſi la preſſion de la charge la plus foible dans la capacité KH, ſera beaucoup moindre que la preſſion de l'autre dans la capacité AH; on pourra ſe ſervir du même raiſonnement en comparant la preſſion GZ, GM.

Si au contraire on augmente la capacité AE de maniere qu'elle devienne égale à EP, & ſi on remplit EP de poudre de même qualité & qu'on la raſſemble également, la réſiſtance du corps R reſtant la même, la preſſion du fluide dans la capacité EP ſera toujours égale à EX; mais celles qu'il opérera dans les capacités PH, PG, ſeront exprimées par les lignes HN, GO; plus grandes que les correſpondantes HY, GZ.

153. Si on changeoit ſeulement la qualité de la poudre, ſa quantité A E, & la réſiſtance R reſtant toujours les mêmes, alors l'échelle des preſſions produites par la premiere eſpece de poudre étant ſuppoſée X Y Z, celle des preſſions que produira la poudre de la ſeconde qualité commencera également au point X (§. 151;) mais le reſte de l'échelle paſſera au-deſſus ou au-deſſous de X Y Z, ſelon que cette poudre ſe conſumera avec plus ou moins de promptitude dans un tems égal, ou que le développement du fluide ſera plus ou moins conſiderable.

154. Ce que nous avons dit peut ſervir à trouver la différence entre deux échelles qui exprimeront les preſſions du fluide dans deux pièces de calibre différent, & chargées de maniere que la qualité de la poudre étant la même, ſa quantité, ainſi que les balles, ſoient proportionnelles entr'elles. Fig. 14.

Soit A B C O, l'ame cylindrique d'une pièce, & D H P M, celle d'un autre canon dont le diamètre D M, > D B. Soit D M, exprimé par D, & D B par *d*, les réſiſtances des balles contigues à la poudre en N, ſeront entr'elles comme $D^3 : d^3$, & les charges H N, C N, ſeront auſſi dans la même proportion. Cela poſé, les perpendiculaires qui

expriment les preſſions N V, V X, ſeront comme D : *d*, c'eſt-à-dire, comme les diamètres des boulets. Pour s'en convaincre, il ſuffit de réfléchir que le nombre des points phyſiques de la ſurface des boulets contre leſquels agit le fluide élaſtique, eſt en raiſon doublée des diamètres ; c'eſt-à-dire, comme $D^2 : d^2$; ainſi, dans l'état d'équilibre N V, $\times D^2$ ſeroit égal D^3 & N X $\times d^2 = d^3$; donc N V : D :: N X : *d*. & *permutando* N V : N X :: D : *d*. Mais le rapport entre les autres ordonnées correſpondantes L I : L Y ſera plus grand que celui de N V : N X ; car en ſuppoſant même que dans les capacités H P N, A C N, le fluide eût le même degré d'élaſticité, & que pendant qu'il parcourt l'eſpace N L, celui qui ſe développe par l'inflammation ſucceſſive des grains fût proportionnel aux charges, la preſſion qu'il opéreroit dans la capacité H P L ſeroit plus forte que celle avec laquelle il agiroit dans la capacité A C L, puiſqu'il ſeroit plus denſe dans la premiere que dans la ſeconde. Mais ſa preſſion eſt déjà plus forte ~~que celle avec laquelle il agiroit~~ dans la capacité H P N, que dans celle A C N, puiſqu'elles ſont entr'elles comme N V : N X. Donc la preſſion étant plus grande & par conſéquent le feu ayant plus

d'activité, il ſe développera dans le grand cylindre une plus grande quantité de matiere élaſtique, pendant que le fluide parcourra l'eſpace NL. Donc, lorſqu'il arrivera au point L, la preſſion ſera beaucoup plus forte que celle qu'exercera le fluide arrivé au même point du petit cylindre & par conſéquent le rapport de LI à LY, ſera plus grand que celui de NV à NX.

Il en ſera de même des preſſions du fluide parvenu au point D des deux cylindres. Ainſi on peut conclure de-là, que dans les pièces de gros calibre, le point où la poudre acheve de ſe conſumer totalement dans les circonſtances que nous venons de rapporter, eſt beaucoup plus près du lieu qu'occupe la charge.

155. Ce que nous avons dit juſqu'à préſent fait voir clairement que dans le cas d'équilibre la réſiſtance R égale à la preſſion EX, pourra être exprimée par cette ligne & que cette réſiſtance ſera proportionnelle à la hauteur du cylindre qu'on oppoſera dans la même pièce aux efforts de la poudre ou au diamètre des boulets, lorſqu'on chargera deux pièces de calibre différent. Il en ſera de même lorſqu'on ſe ſervira de bouchons dont la groſſeur ſera proportionnée au calibre des canons Fig. 15.

& qu'on les y fera entrer ſans les refouler ; alors la ligne XFZ qui exprimera l'échelle des preſſions, commencera par diverger d'une maniere ſenſible ; mais ſi ces bouchons ſont refoulés fortement, le frottement augmentant alors la réſiſtance, l'échelle des preſſions ſera la ligne KHY, dans laquelle la premiere preſſion EK ſera plus grande que l'autre EX dans la même proportion que le frottement des bourres ſera plus conſidérable que leur inertie jointe à celle du boulet. Toute l'échelle KHY ſera plus éloignée de l'axe EG que la ligne XFZ ; mais quoique l'échelle puiſſe en commençant ſon mouvement, s'écarter beaucoup plus de EG que XFZ, elle devient bien-tôt convergente à cette ligne. Ainſi ſa plus grande ordonnée eſt beaucoup plus près du point E que la plus grande ordonnée de l'échelle XFZ.

Il ſeroit trop long de décrire les différentes experiences que nous pourrions rapporter ici pour confirmer tout ce que nous avons dit depuis le §. 150, quelques réflexions de la part de nos Lecteurs ſuffiront pour leur faire appercevoir plus clairement la baſe de nos raiſonnemens ; & d'ailleurs, ce qui nous reſte à dire pourra leur fournir quelques moyens faciles & pratiques de ſe convaincre de toutes ces vérités.

156. Puiſque les parois de l'ame cylindriques d'une arme à feu doivent être en équilibre avec la preſſion du fluide qui ſe développe de la quantité de poudre qu'on y brûle, il eſt évident que ces parois doivent avoir dans tous les points de la longueur de l'ame, une épaiſſeur proportionnée aux ordonnées de l'échelle des preſſions (*Inſtit. Phyſ. Mec.*) quelque variée que puiſſe être cette échelle, on peut la ramener à quatre cas différens. 1°. Elle peut être parallele à l'ame cylindrique de la pièce, & dans ce cas, l'ame doit avoir dans toute ſa longueur une épaiſſeur égale.

2°. Elle pourra s'éloigner de l'axe AEG, pendant qu'elle s'avancera de E vers G, ce qui exigera encore une épaiſſeur égale dans toute la longueur de l'ame de la pièce, parce que les parois doivent être en équilibre avec la plus grande ordonnée. Il en ſera de même ſi l'échelle, après s'être écartée, court enſuite parallelement à l'axe AEG.

3°. Elle peut, en partant du point E, s'éloigner du cylindre de la pièce, juſqu'à une certaine hauteur & s'en rapprocher enſuite : alors l'épaiſſeur ſera la même juſqu'à la rencontre de la plus grande ordonnée à laquelle elle doit faire équilibre, & de-là, elle dimi-

nuera proportionnellement aux ordonnées correſpondantes.

4°. Enfin, cette échelle, en partant du point E, s'approchera continuellement du cylindre; dans ce cas, l'épaiſſeur des parois doit diminuer proportionnellement depuis la culaſſe juſqu'à la bouche de la pièce.

157. L'épaiſſeur des parois, réglée ſur les proportions que nous venons d'établir, ne donne l'échelle entiere des preſſions que dans le quatrième cas du paragraphe précédent. Dans le troiſième, elle en fait connoître la partie qui ſe rapproche de l'ame de la pièce; mais dans les deux premiers, elle n'indique que la plus grande preſſion du fluide.

158. L'expérience prouve que, ſi l'on employe de la poudre d'artifice, de chaſſe ou de guerre dans des canons de fuſil & qu'on preſſe fortement les bourres, l'échelle des preſſions pourra ſe rapporter dans la pratique au quatrième cas & au troiſième, ſi les bourres ſont moins comprimées, parce que la plus grande ordonnée de cette échelle s'éloigne d'autant plus du point E, où la balle eſt placée, que les bourres ſont plus fortement comprimées. On verra dans le chapitre ſuivant la maniere de faire ces expériences & de déterminer l'échelle des preſſions dans les armes à feu de quelque calibre qu'elles ſoient.

CHAPITRE IV.

De la viteſſe initiale des projectiles & de la loi de l'impulſion qu'ils reçoivent dans les armes à feu, dont l'ame eſt cylindrique.

159. Il y a trois manières de déterminer la viteſſe initiale des projectiles de l'artillerie.

La première conſiſte à la déduire de la connoiſſance de la ligne qu'ils décrivent.

Dans la ſeconde, on emploie quelques machines pour meſurer cette viteſſe près de la bouche de la pièce.

Enfin, on peut ſe ſervir de la troiſième toutes les fois que les épaiſſeurs du canon ſont proportionnelles dans toute la longueur de l'ame aux preſſions du fluide.

Nous nous ſommes étendus ſuffiſamment ſur la première de ces méthodes dans nos *Inſt. Phyſic-Mec.* Nous aurons occaſion d'en parler encore dans le Chapitre ſuivant. Ainſi, nous nous contenterons de traiter dans celui-ci de la ſeconde & de la troiſième manière.

160. Benjamin Robins, Ingénieur Anglois,

eſt le premier, que je ſache, qui ait imaginé de ſe ſervir d'une machine pour meſurer, près de la bouche d'une arme à feu, la viteſſe initiale d'une balle de petit calibre.

Sa méthode conſiſte à tirer contre un pendule mobile ſur ſon axe de ſuſpenſion & qui décrit un arc proportionnel au choc de la balle.

La meſure exacte de la corde de cet arc, le poids de la balle & celui du pendule, le centre de gravité & celui d'oſcillation ; enfin la diſtance de l'axe du mouvement au point de percuſſion, font connoître la viteſſe abſolue avec laquelle le pendule a été choqué. Si l'on veut ſe ſervir de cet inſtrument C E pour les balles de fuſil ou d'eſpingard, il faut qu'il ſoit de fer & qu'il faſſe des angles droits avec ſon
Fig. 16. arc de ſuſpenſion A B qui doit avoir environ un pied de longueur. On attache dans la partie D E avec des vis ſerrées fortement, une planche quarrée dont le côté ait environ neuf pouces & qui ſoit d'une épaiſſeur ſuffiſante pour que la balle qui entrera dans le bois, ne
Fig. 17. puiſſe pas pénétrer juſqu'au fer.

Pour faire uſage de ce pendule par-tout où l'on juge à propos de s'en ſervir, on le ſuſpend à un chevalet ou à une chèvre faite exprès ; on place un peu au-deſſous un morceau de bois taillé en arc de cercle, dont la circonfé-

rence soit décrite du centre C avec un rayon un peu plus grand que CE, soit dans le plan des vibrations du pendule, on attache en E, un pinceau F, qui marque sur la poussiere fine dont la circonférence GKH est couverte légèrement, l'arc que décrit la premiere vibration du pendule.

Robins se servoit au lieu de l'arc de cercle que nous employons, d'un ruban attaché en E que le mouvement du pendule faisoit couler entre deux plaques attachées à une barre de fer qui traversoit les pieds de la chevre, & il mesuroit la grandeur de l'arc que le pendule décrivoit par la partie du ruban qui avoit coulé entre les plaques.

161. Cet instrument étant placé comme nous l'avons dit, si l'on connoît 1°. le poids P de toutes les parties du pendule; 2°. la distance du point C placé dans l'axe de suspension au centre de gravité L ou autrement $CL = a$; 3°. la distance du même point C au centre M d'oscillation ou $CM = d$; 4°. la longueur $CF = b$ du rayon avec lequel on a décrit l'arc GKH sur la piece de bois; 5°. le poids de la balle $= q$; 6°. enfin, la corde $= c$ de l'arc qu'a décrit la premiere vibration du pendule, & qui se mesure sur la pièce GKH, on connoîtra le mouvement qui aura été com-

muniqué au pendule, & par conſéquent la viteſſe avec laquelle la balle a commencé à choquer le pendule.

Pour trouver les diſtances CL, CM, on pourra recourir à nos *Inſt. Phyſ-Mec.* dans leſquelles nous avons fait voir que le moment d'inertie d'un corps qui ſe meut autour d'un axe, eſt égal au produit de ſon poids multiplié par la diſtance du centre de gravité à l'axe & par celle du centre d'oſcillation au même axe & que la quantité de ſon mouvement eſt égale au produit du moment d'inertie par la viteſſe du pendule, laquelle égale la racine quarrée du ſinus verſe de l'arc décrit du centre d'oſcillation.

On commencera par pouſſer la balle contre le centre M d'oſcillation. Pour trouver la viteſſe communiquée à ce point, on fera la proportion $b : c :: d : \frac{c\,d}{b}$, dont le dernier terme donnera la corde de l'arc décrit par ce point. Le ſinus verſe de cet arc ſera $= \frac{c^2 d}{2 b^2}$, & la viteſſe du point M pendant une ſeconde ſera $\sqrt{\frac{38\,c^2 d}{2 b^2}} = \frac{c}{b}\sqrt{19^d}$ (*Inſtit. Phy-Mec.*), qui multiplié par le moment d'inertie du pendule & de la balle, puiſque celle-ci ne re-

bondit point, c'eſt-à-dire, par $Pad+qd^2$, donnera $\frac{c}{b} \times \overline{Pad+qd^2} \times \sqrt{19}\,d$, par la quantité de mouvement.

Soit $= u$ la viteſſe uniforme avec laquelle la balle vient choquer le pendule, comme du moment où elle pénètre dans le pendule, elle ſuit la direction de ſon mouvement, uqd^2 exprimera la quantité de mouvement de la balle : ainſi dans l'état d'équilibre uqd^2 ſera $= \frac{c}{b} \times \overline{Pad,+qd^2}\ \sqrt{19}\,d$, & $u = \frac{c \times \overline{Pa+qd}\ \sqrt{19}\,d}{bqd}$, ſera la viteſſe qu'il falloit trouver.

162. En ſecond lieu, on pouſſera la balle contre un point D hors du centre d'oſcillation ; alors ſi l'on fait $= f$ la diſtance du point D à l'axe de ſuſpenſion & qu'on exprime par x la viteſſe uniforme de ce point, la quantité du mouvement du point D, ſera $x\overline{Pad,} \times qf^2$ & ſi dans l'inſtant où la balle commence à pénétrer dans le pendule, ſa viteſſe eſt u, la quantité de mouvement de cette balle ſera uqf^2 ; ainſi l'on aura cette équation $x \times \overline{Pad,+qf^2} = uqf^2$, & $x = \frac{uqf^2}{\overline{Pad,\ qf^2}}$. Or comme un pendule quelconque reçoit autant de mouvement qu'il en recevroit ſi toute ſa maſſe étoit réu- Fig. 18.

nie au centre d'oſcillation & que ce centre change toutes les fois que la balle frappe quelqu'autre point ; ſi l'on exprime ſa diſtance à l'axe de ſuſpenſion par le moment d'inertie $Pad. + qf^2$ diviſé par $Pa + qf$, la diſtance de CG du point G pris comme un nouveau centre d'oſcillation à l'axe de ſuſpenſion, ſera $CG = \frac{Pad. + qf^2}{Pa. + qf}$: mais les rayons CD, CG ſont proportionnels aux viteſſes des points D, G, puiſqu'ils décrivent les arcs DO, GH dans le même tems ; donc on aura $CD : CG = f : \frac{Pad. + qf^2}{Pa. + qf}$, comme la viteſſe du point $D = x = \frac{uqf^2}{Pad + qf^2}$ eſt à la viteſſe du point $G = \frac{uqf}{Pa + qf} = \sqrt{\frac{1}{38}GI}$ de l'arc GH, dans laquelle équation GI repréſente le ſinus verſe de l'arc GH

Pour trouver la viteſſe u avec laquelle la balle frappe le pendule, il faut chercher une autre valeur de $\sqrt{\frac{1}{38}GI}$: comme on connoît la corde $= c$ de l'arc que le pinceau a tracé ſur la piece de bois, FGH & le rayon $CF = b$, on aura le ſinus verſe de cet arc, $= \frac{c^2}{2b}$: on aura donc le rayon CF eſt à ſon ſinus verſe comme CG eſt à ſon ſinus verſe GI ou $b : \frac{c^2}{2b} = \frac{Pad + qf^2}{Pa. + qf} : \frac{c^2}{2b} \times \frac{Pad. + qf^2}{Pa + qf}$; &

ainſi la viteſſe uniforme du point G ſera exprimée par $\sqrt{\frac{38c^2}{2b^2} \times \frac{Pad+qf^2}{Pa+qf}}$, & en comparant les deux expreſſions de ~~ces viteſſes~~ cette viteſſe, $\frac{uqf}{pa+qf}$ ſera $= \frac{c}{b}\sqrt{19 \times \frac{Pad+af^2}{1^2 a \times qf}}$, & $u = c\sqrt{\frac{19 \times Pad+qf^2 \times Pa+qf}{bqf}}$ ſera la viteſſe qu'il falloit trouver.

163. Il faut obſerver ici,

1°. Que le pendule doit avoir aſſez de longueur & de maſſe pour que ces vibrations ne décrivent pas un arc au-deſſus de quatre ou cinq degrés.

2°. Que les balles qui reſtent enfoncées dans le pendule, augmentant ſa peſanteur à proportion de leur nombre & changeant le centre de gravité ainſi que celui d'oſcillation, il faut après chaque décharge corriger les valeurs de P, *a*, *d*.

164. M. Mathey, Machiniſte du Roi, a inventé la machine repréſentée par la figure 19, pour trouver facilement la rapidité initiale des balles meſurée près de la bouche d'une arme à feu : ſa pièce principale eſt une roue horiſontale A B qui eſt ſoutenue dans la partie ſupérieure C de la machine par un axe

vertical CD & qui tourne par le moyen des poids & contrepoids Q qu'on attache à la corde G G & qu'on releve par la manivelle N : on peut auſſi la faire tourner de toute autre maniere qu'on jugera plus convenable ; mais il faut avoir attention que ſon mouvement ne ſoit ni interrompu ni bondiſſant, mais au contraire uniforme & rapide ; on éleve ſur toute la circonférence extérieure de la roue une bande de papier à écrire à laquelle on donne une hauteur AE, BF, égale environ à $\frac{1}{3}$ de pied. On aſſujettit le canon qui doit ſervir aux expériences d'une maniere aſſez ſolide pour qu'il reſte immobile. On le place à la diſtance MH de 10 à 12 pieds, & on le dirige de façon que la balle, en perçant le papier dans les deux points oppoſés H, K, décrive une ligne HK égale à un diamètre AB de la roue. Enfin on met à la diſtance KR de deux ou trois pieds de la roue, un but immobile R fait de bois d'orme, afin que le trou de la balle ſoit plus régulier.

Pour faire uſage de cette machine, il eſt néceſſaire de connoître l'inſtant où la roue commence à tourner avec un mouvement égal, & il faut ſavoir combien elle emploie de tems pour chaque révolution : on peut ſe ſervir pour cet objet de différens expédiens.

Celui

Celui dont nous avons fait uſage conſiſte à adapter une petite roue excentrique à l'axe CD, laquelle à chacune de ſes révolutions imprime à une languette de bois un mouvement qui la fait vibrer horiſontalement au-deſſus de cette languette, & vers ſon extrémité on ſuſpend un pendule ſimple qu'on allonge ou qu'on raccourcit juſqu'à ce que ſes vibrations ſoient iſochrones à celles de la languette. Il réſulte évidemment de ce que nous avons dit, que la longueur de ce pendule doit faire connoître le tems que la roue emploie pour chaque révolution: auſſi-tôt qu'on remarque l'iſochroniſme entre le pendule & la languette, on tire le canon & arrêtant le mouvement de la roue, on voit que les deux trous faits par la balle ſont aiſés à diſtinguer l'un de l'autre par un petit rebord qu'on obſerve dans le papier du côté par lequel la balle eſt ſortie; on tend un fil dans la direction MR, & plaçant dans cette même direction le centre du trou H par lequel la balle eſt entrée dans le papier, on voit par ce moyen combien le trou K que la balle a fait en ſortant, s'éloigne de la direction MR; cette diſtance indique le chemin qu'a fait un point de la roue pendant le tems que ſon diamètre AB a été parcouru par la balle.

165. Si l'on entend bien le méchaniſme & l'uſage de cette machine, il ſera facile de trouver la viteſſe uniforme avec laquelle la balle parcourt le diamètre A B de la roue, & conſéquemment ſa viteſſe uniforme pendant une ſeconde : ſoit D le diamètre de la roue, C ſa circonférence, t le tems que la roue emploie à faire une révolution, m l'eſpace parcouru par un point de la circonférence de la roue pendant que la balle en parcourt le diamètre, on aura $m : D = C : \frac{CD}{m}$, dont le dernier terme exprimera l'eſpace que la balle parcourt avec une viteſſe uniforme dans le tems que la roue fait une révolution ; exprimant par 1 l'eſpace que la balle a parcouru uniformément dans une ſeconde, ou autrement ſa viteſſe initiale, on aura $t : 1 = \frac{CD}{m} : \frac{CD}{tm}$, dont le dernier terme $= u$ exprimera la viteſſe que l'on cherche.

Dans la machine que nous avons employée, lorſque la roue tourne avec un mouvement égal, on a $t = \frac{3}{5}$ de ſecondes, $D = 6$ pieds, & par conſéquent $C = \frac{22 \times 6}{7}$: ainſi ſubſtituant ces valeurs dans l'expreſſion de la viteſſe, on a $\frac{CD}{tm} = \frac{3960}{21m} = u$: ſi la valeur de m eſt une

fraction de pied, la viteſſe u ſera exprimée en pieds. Par exemple, ſi une expérience donne $m = \frac{1}{4}$ de pied, on aura $\frac{3960}{21m} = \frac{3960}{21 \times \frac{1}{4}}$ $= 754^{\text{pieds}}\ \frac{6}{21}$, pour la valeur de u.

166. La machine que nous venons de décrire, nous a ſervi à faire les expériences ſuivantes, dont les réſultats donnent la réſolution de pluſieurs problêmes très-importants pour la théorie & pour la pratique de l'artillerie. Les armes dont nous avons fait uſage ſont : 1°. Un canon d'eſpingard du calibre de deux pouces & demi qui donne le diamètre de 6^{points}_{10} : la longueur de l'ame étoit de $3^{\text{pieds}}\ 4^{\text{pou.}}\ 3^{\text{lign.}}$ les balles peſoient de $59^{\text{den.}}\ 20$ à $60^{\text{d}}.\ 4$ & leur diamètre étoit de $6^{\text{points}} : 8$.

2°. Un autre eſpingard dont l'ame avoit de longueur $3^{\text{pi}}\ 5^{\text{po.}}\ 8^{\text{l.}}$ le calibre étoit de $3^{\text{points}}\ \frac{1}{2}$ qui donne pour le diamètre $7^{\text{points}} 6$. les balles de plomb dont le diamètre étoit de $7^{\text{points}}\ 5$. peſoient environ de $82^{\text{den.}}\ \frac{1}{2}$ à $83^{\text{den.}}$

3°. Un canon dont l'intérieur étoit rayé en ſpirale, la longueur de l'ame étoit de $1^{\text{pi.}}\ 11^{\text{po.}}\ \frac{1}{2}$, le calibre de $\frac{3}{8}$ & $\frac{2}{3}$, les balles de plomb étoient du calibre & peſoient $\frac{6}{8}$, & ainſi on ne pouvoit les faire entrer dans le canon que par force.

4°. Pluſieurs canons de mouſquet de dif-

férentes longueurs. Leurs calibres étoient d'un pouce; ce qui donne 5 points pour le diamètre; les balles de plomb pesoient de $23^{den.}$: 8, à $23^{den.}$: 10 & leurs diamètres étoient de 4 points 10.

Les especes de poudres dont on s'est servi étoient pareilles à celles que nous avons décrites (§. 40.) La bourre pour l'espingard étoit le sixième d'une feuille de papier de protocole, qu'on avoit déchirée en plusieurs endroits, afin qu'en sortant du canon, elle ne pût pas endommager la bande de papier placée sur la circonférence de la roue: la bourre pour les mousquets & le canon rayé étoit le neuvième d'une feuille du même papier & déchirée de la même maniere; toutes ces bourres ont été placées sans être refoulées; elles ont été seulement poussées & comprimées par le même homme.

Enfin, dans ces expériences, on a eu égard à l'humidité de l'atmosphere, parce que ses différentes modifications influent considérablement sur les effets de la poudre (§. 137.)

167. On verra dans la table suivante les viteſſes initiales qu'ont donné les expériences faites avec un canon de fusil dont l'ame avoit de longueur 2 pieds 1 pouce 7 lignes, & ré-

pétées dans trois états différens de l'atmoſphere, conſidérée relativement à l'humidité.

VITESSE OBSERVÉE.

Poudre dont chaque charge peſoit 9 den.		Tems fort humide.	Etat moyen de l'atmoſphere.	Tems très-ſec.
			pieds.	
De guerre.	Ordinaire	826	915	960
	fine.	931	1030	1085
De chaſſe.		929	1010	1058
D'artifice.		929	1012	1055

On ne s'eſt pas borné à obſerver l'aréomètre pendant qu'on faiſoit les expériences ; on a encore remarqué que dans celles qui ont été faites lorſque l'air étoit très-chargé de vapeurs, l'intérieur du canon étoit aſſez humide, 9 minutes après l'exploſion, pour que le nitre fixé tombât en déliquium, de maniere que l'étoupe avec laquelle on nettoyoit l'ame du fuſil, en ſortoit couverte de beaucoup de ſaletés ; au-lieu que dans un tems fort ſec on ne s'eſt apperçu d'aucune humidité dans le canon après un intervalle de quelques minutes, & que l'étoupe, en ſortant, étoit à peine marquée de quelques taches légeres.

En examinant le réſultat de ces expériences, on s'appercevra : 1°. Que les viteſſes obſer-

vées dans un tems fort ſec, ſurpaſſent d'un $\frac{1}{7}$ environ celles qu'on a remarquées lorſque l'atmoſphere étoit chargée de beaucoup de vapeurs.

2°. Que la poudre fine de guerre eſt celle qui produit le plus grand effet dans le fuſil, lorſqu'elle s'y conſume totalement.

Il eſt eſſentiel d'ajouter ici que les viteſſes qu'on a obſervées dans les expériences répétées avec la même eſpèce de poudre, ont été preſque toujours égales entr'elles lorſque l'air étoit très-humide; que dans l'état moyen de l'atmoſphere leurs différences ont été juſqu'à un demi ~~pied~~ pied et pour cent; & enfin, qu'elles ont monté juſqu'à quatre pieds pour cent lorſque le tems étoit très-ſec.

168. Les expériences ſuivantes, qui ont été faites avec des canons de longueurs & de calibres différens lorſque l'atmoſphere étoit dans un état moyen relativement aux vapeurs, prouvent également que la poudre fine de guerre eſt la plus forte.

	Poudre pour la charge.		Viteſſes initiales.
		den.	pieds.
Canon de mouſquet dont l'ame avoit de longueur 1 pied 1 pou. 5 lignes.	Poudre fine de guerre.	9	825
	De chaſſe.	9	811
	D'artifice.	9	814

	Poudre pour la charge.		Viteſſe initiale.
		pieds.	
Canons rayés.	Fine de guerre.	9	1160
	De chaſſe.	9	1138
	D'artifice.	9	1147
Canons d'eſpingard du calibre de deux pieds & demi.	Fine de guerre.	22 1/2	1160
	De chaſſe.	22 1/2	1143
	D'artifice.	22 1/2	1140
Canons à mouſquet dont l'ame avoit de longueur 2 pieds 1 pou. 7 lignes.	Fine de guerre.	9	1030

Les expériences que le Major Ronzini a faites au mois d'Août 1761, prouvent auſſi la ſupériorité de la poudre fine de guerre. Cet Officier s'eſt ſervi d'un mortier d'une conſtruction exacte, qui étoit pointé à 45 degrés & tenoit à une ſemelle de fer péſant 750 livres; le poids de la bombe qu'il chaſſoit étoit de 33 livres 4. & la chambre contenoit une once de poudre. On l'a chargé chaque fois de cette quantité & l'on n'a point mis de bouchon, afin que dans chaque décharge les circonſtances fuſſent plus égales. C'eſt avec ces précautions qu'on a fait les expériences qui ont donné les portées ſuivantes.

Poudres.	*Longueurs des Tirs.*
A Mouſquet	Pieds . . 444.
Fine de Guerre	531.
De Chaſſe	524.
D'Artifice	528.

169. Pour déterminer dans deux cas particuliers combien la différence du poids de la balle & celle de ſon vent contribuent à altérer ſa viteſſe, on a employé trois balles de différentes groſſeurs dans l'eſpingard dont le calibre étoit de 3 pouces & demi & deux ſortes de ~~ſortes~~ balles dans le fuſil dont l'ame avoit de longueur 2 pieds 1 pouce 7 lignes.

La premiere eſpece de balle dont on a chargé l'eſpingard étoit du calibre de 3 pouces & demi, du diamètre de 7 points 5 environ & péſoit 82 $\frac{1}{2}$ à 83 deniers.

La ſeconde eſpece de balle étoit du calibre de 3 grands pouces, du diamètre de 7 points 1 & péſoit de 70 à 71 deniers.

Enfin, la troiſiéme eſpece étoit d'un diamètre égal à celui de la premiere; mais ſon poids étoit le même que celui de la ſeconde, parce qu'en fondant les balles de cette eſpece, on avoit mis un petit caillou dans chacune.

La premiere eſpece de balles dont on s'eſt ſervi pour le fuſil, comprenoit celle du calibre d'un pouce (décrite 166, n° 4.) & la ſeconde étoit de celle qu'on a employée pour la carabine rayée (166, n° 3.) du calibre & du poids de $\frac{6}{8}$. Pour en avoir d'une troiſiéme eſpece, on a fait avec les balles de la carabine rayée, des cartouches ſemblables à celles qu'on donne à l'Infanterie, & qui deſcendent d'elles-mêmes au fond de l'ame du fuſil lorſqu'elle eſt nettoyée. Chaque charge contenoit pour l'eſpingard 30 deniers de poudre fine de guerre & 9 deniers pour le fuſil. Les expériences ont été faites pendant que l'atmoſphere étoit dans un état moyen, relativement à l'humidité & elles ont donné les viteſſes ſuivantes.

	Balles.	*Viteſſes initiales.*
D'Eſpingard,	1ere eſpece	1050 pieds.
	2e eſpece	1100.
	3e eſpece	1227.
De Mouſquet,	1ere eſpece	1030.
	2e eſpece	1088.
	3e eſpece	1106.

On voit que, dans ces deux cas, les balles

de la ſeconde eſpece ont plus de viteſſe que celles de la premiere, quoiqu'il ſe ſoit échappé une plus grande quantité de fluide par le vent de la balle ; on voit auſſi qu'en donnant plus de lègereté à celles de la troiſiéme eſpece, on leur a donné une plus grande vîteſſe initiale.

170. Les expériences ſuivantes qui ont été faites pendant que l'atmoſphere ſe trouvoit dans le même état que dans celles du paragraphe précédent, font connoître les viteſſes initiales qui ont donné des charges différentes de poudre fine de guerre.

	Poudre fine de guerre pour la Charge.	*Viteſſes initiales.*
Canon de Mouſquet dont l'ame avoit 2 pieds 1 pouce 7 lig. de longueur	charges 6 deniers . .	830. pieds.
	9	1030.
	12	1177.
Canon d'Eſpingard du calibre de deux pouces & demi.	15	892.
	22 $\frac{1}{2}$	1120.
	30	1222.

Il eſt important d'obſerver ici que, ſi l'on n'emploie point dans l'uſage ordinaire une charge au-deſſus de 9 deniers pour le fuſil, ce

n'eſt pas que cette charge donne une portée égale ou plus grande qu'une quantité plus conſidérable de poudre ; mais on veut empêcher que l'arme ne s'échauffe trop promptement ; car lorſqu'on la tire pluſieurs coups de ſuite avec une charge forte, elle s'échauffe bientôt au point qu'il eſt impoſſible d'y toucher.

Il faut obſerver en ſecond lieu, que le canon de fuſil de 2 pieds 1 pouce 7 lignes, qui a ſervi dans ces expériences, ainſi que dans celles du paragraphe 168, faites pendant que l'atmoſphere ſe trouvoit dans un état moyen relativement aux vapeurs, ayant auſſi ſervi à celles du paragraphe 167, il ſera facile de connoître les viteſſes des autres fuſils dans un tems très-humide & très-ſec, par analogie avec celles de ce canon qu'on trouvera dans les tables des expériences faites dans ces deux derniers états de l'atmoſphere.

Par exemple, ſi on cherche la viteſſe initiale d'une balle d'eſpingard, tiré dans un tems fort ſec, avec une charge de trente deniers de poudre fine de guerre : comme la viteſſe de cette arme dans l'état moyen de l'atmoſphere eſt de 1222 pieds & que celle du fuſil dont il s'agit eſt de 1030 pieds, lorſque le tems eſt le même & de 1085, lorſ-

que l'air eſt très-ſec : en mettant ces trois valeurs en proportion, on aura 1030 : 1085 = 1222 : $\frac{1222 \times 1085}{1030}$ = 1287 pour la viteſſe de l'eſpingard dans un tems très-ſec.

171. Comme on peut connoître de la même maniere la viteſſe initiale de toutes les armes à feu de quelque longueur qu'elles ſoient, on pourra facilement faire uſage de ces différentes viteſſes pour découvrir l'échelle des preſſions que le fluide élaſtique exerce ſur la balle dans des points différents
Fig. 20. de l'ame du canon. Pour cet effet, il faut prendre trois canons, ou un plus grand nombre ſi on le juge à propos, qui ſoient de différentes longueurs : mais d'un calibre égal & chargé également : après avoir meſuré la viteſſe initiale de leurs balles, on portera de A vers R, ſur la directrice A R, la longueur des canons priſe depuis la balle juſqu'à la bouche de l'ame & en ſuppoſant qu'A C exprime celle du plus petit canon, A D celle du moyen & A B celle du plus grand, on élevera aux points C, D, B, les perpendiculaires C E, D F, B G, égales chacune à la viteſſe initiale des canons reſpectifs. La ligne qui paſſera par les points A, E, F, G, ſera l'échelle de la viteſſe initiale de la balle dans les

eſpaces AC, AD, AB qu'elle a parcourus avec un mouvement accéléré : ſi l'on veut enſuite chercher l'équation de cette échelle, on pourra faire uſage de ce que nous avons dit dans le chapitre précédent pour trouver l'échelle correſpondante S M N O qui donnera les différentes preſſions du fluide ſur la balle.

172. On a fait les expériences dont nous venons de parler avec quatre canons de fuſil d'un pouce de calibre ; on les a chargés de 9 deniers de poudre fine de guerre & après avoir réunis toutes les circonſtances détaillées dans le §. 166, on les a tirés dans le tems que l'atmoſphere ſe trouvoit dans un état moyen relativement aux vapeurs.

Longueur des Canons depuis la balle juſqu'à la bouche.	*Viteſſes initiales.*
	pieds 0 : 6 : 1 : . pieds 615.
	1 : 0 : 2 : . . . . 825.
	2 : 0 : 4 : . . . 1030.
	2 : 10. . . . . 1077.

Si on fait la conſtruction que nous avons enſeignée dans le paragraphe précédent & qu'on examine la proportion des ordonnées aux abſciſſes, on verra que l'échelle A E F G des viteſſes eſt une ellipſe dont le petit axe Fig. 20.

AR eſt de 2 pieds, 10, & le demi-grand axe RH eſt environ de 1077 pieds.

Il s'enſuit de-là, 1°. Que l'échelle des preſſions SMNO, eſt dans le cas préſent une ligne droite oblique qui prolongée coupe la ligne directrice au centre R de l'ellipſe.

2°. Que dans les canons dont la longueur excède la ligne AR, cet excédent n'augmente point la viteſſe initiale des canons de fuſil plus courts qu'AR & qu'on tirera horizontalement avec une charge de 9 deniers de poudre fine de guerre, l'atmoſphere ſe trouvant dans un état moyen; il faut remarquer que la ſomme des preſſions exprimées par la ſurface ARS étant $= RH^2$, $\frac{AS}{2}$ ſera 409386 pieds. Suppoſons maintenant que AD ſoit la longueur d'un canon quelconque, la ſuperficie du trapèze rectiligne AD NS qui exprime la ſomme des preſſions, ſera $\frac{AS}{2AR} \times \overline{AR^2 - DR^2} = 144489 \times \overline{\frac{289}{36} - DR^2}$; mais la viteſſe initiale DF qui répond à ce trapèze, eſt égale à la racine quarrée de ſa ſuperficie. Donc $DF = u = \sqrt{144489 \times \frac{289}{36} - \overline{DR}^2}$ ſera la formule qu'il falloit trouver.

Pour donner un exemple, ſuppoſons qu'AD ſoit un $\frac{1}{6}$ de pied, DR ſera $=$ 2 pieds 8 pouces:

* *de la viteſſe de la balle, s'ils ſont tirés dans les mêmes circonſtances. pour trouver la formule qui fera connoitre la viteſſe*

ou ſoit $\frac{8}{3}$ de pied; élevant cette valeur à ſon quarré, on aura $\frac{64}{9} = \frac{256}{36}$, qui ſubſtituée dans la formule donnera $DF = u = \sqrt{144489 \times \frac{289}{36} - \frac{256}{36}} = \sqrt{144489 \times \frac{33}{36}} = 363$ pieds pour la viteſſe initiale.

173. Cette maniere de trouver l'échelle des viteſſes dans les eſpaces parcourus par le fluide élaſtique, peut être miſe en pratique lorſque la bourre eſt comprimée ou refoulée fortement ſur la poudre; parce que, dans ce cas, la plus grande ordonnée de l'échelle correſpondante des preſſions, répond ou du moins ſe trouve très-près du lieu qu'occupe le boulet dans l'ame du canon; alors il n'eſt pas difficile de réduire, par approximation, la courbe des viteſſes à une ligne réguliere qui, exprimée géométriquement, fera connoître celle des preſſions. Mais lorſque la plus grande ordonnée eſt éloignée de la place du boulet, comme il arrive lorſqu'on emploie des poudres de mauvaiſe qualité ou qu'on refoule trop légerement la bourre d'une bonne poudre; alors, pour trouver la courbe des viteſſes, il ne ſuffit pas d'employer des canons de la même longueur; il faut encore faire des expériences avec d'autres armes dans leſquelles la balle n'ait à parcourir

que de très-petits eſpaces, tels que 2 ou 3 diamètres de la bouche du canon. On pourra, par ce moyen décrire la courbe depuis ſon origine & l'on tâchera enſuite de la rendre réguliére par approximation, ſi elle ne l'eſt pas dans les expériences.

173. Si l'on veut connoître ſeulement l'échelle des preſſions, il faut obſerver que les viteſſes étant en raiſon ſous-doublées de la ſomme des preſſions, toutes les fois que le rapport de deux viteſſes CE, DF ſera moindre que la raiſon ſous-doublée des eſpaces parcourus AC, AD ou, ce qui eſt la même choſe, des longueurs de l'ame des canons, à compter depuis la balle juſqu'à la bouche de la pièce; alors la partie correſpondante SMN de l'échelle des preſſions convergera vers la bouche du canon: lorſque la raiſon de ces viteſſes ſera égale à la raiſon ſous doublée des longueurs correſpondantes des canons, l'échelle ſera parallelle à la directrice AD: enfin, ſi elle eſt plus grande, l'échelle SMN s'écartera de la directrice en s'avançant du point qui répond à la place du boulet vers la bouche de la pièce.

175. Enfin, connoiſſant la viteſſe initiale = u & l'échelle des preſſions du fluide ſur la balle, on pourra par le moyen de la formule

$u =$

$u = \frac{\sqrt{57\,n\,p\,l\,A}}{2\,r}$ (*Inſt. Phyſ-Mécha.*) on trouvera la valeur de n qui exprime combien de fois la plus grande élaſticité du fluide qui ſollicite la balle au mouvement, contient l'élaſticité de l'air que nous reſpirons. Dans cette formule A, exprime la hauteur d'un baromètre fait dela même matière que la balle; l la longueur de l'arme à feu meſurée depuis la balle juſqu'à la bouche de la pièce; p le rapport de la ſurface A S N D au rectangle, fait du produit d'A S par A D, & r le rayon de la balle.

Pour donner un exemple de ceci, prenons le canon à mouſquet (§. 172.) dont l'ame a de longueur 2 pieds : 0 : 4 = l. Alors A ſera = 1 pied : 8 : 8. r = 0 : 0 : 2 : 5, u = 1030 pieds. Suppoſant $p = \frac{12}{30}$, en ſubſtituant toutes ces valeurs, on aura $1030 = \sqrt{\frac{57 \times 1:8:8 :\times 2:0:4 \times \frac{12}{30} n}{0:0:4:10}}$, d'où l'on trouvera n = 280 fois environ l'élaſticité de l'atmoſphere.

176. On trouvera facilement la vîteſſe initiale des boulets de canon, en ſe ſervant des moyens que nous avons employés (§. 165.) pour connoître celles des balles chaſſées par des armes de petit calibre, non-ſeulement on pourra fixer la charge qui donne la plus lon-

gue portée du canon; mais même déterminer la loi de la preſſion du fluide ſur le boulet qui parcourt la longueur de la pièce. On connoîtra la plus grande élaſticité de ce fluide & le point de la longueur de l'ame où elle ſe développe. Enfin, tous les problêmes que nous avons réſolus avec le fuſil où l'eſpingard depuis le §. 167 juſqu'ici, pourront également ſe réſoudre avec le canon.

Pour déterminer les viteſſes initiales des boulets, il faut chercher un but qui ſoit grand, homogêne & pénétrable, & ſi on ne le trouve point, il faudra en former un de terre, choiſie, tamiſée, comprimée fortement; on placera les canons près du but, & l'on aura ſoin, en tirant, que les enfoncemens des boulets ſe faſſent dans des points aſſez éloignés les uns des autres pour que l'ébranlement de la terre produit par un de ces boulets, ne facilite pas l'entrée d'un autre. On meſurera tous ces enfoncemens & on ſubſtituera ſucceſſivement leur valeur à la place de S dans la formule $S = g D u^2$ (*Inſtit. Phyſ-Mech.*) dans laquelle D exprime le diamètre de la balle; g, ſa gravité ſpécifique, & u, ſa vîteſſe; & l'on aura $u = \frac{\sqrt{S}}{g D}$ qui eſt une quantité connue.

On tirera enſuite contre le même but un canon d'eſpingard dont la viteſſe initiale ſera connue, & meſurant l'immerſion de la balle, on la ſubſtituera à la place de S dans la formule $u = \sqrt{\frac{S}{g\ D}}$, au lieu de g & de D, on mettra leurs valeurs connues, & l'on aura la valeur rélative de u: alors, on fera la proportion ſuivante.

La viteſſe rélative de la balle d'eſpingard eſt à ſa viteſſe initiale comme la viteſſe relative du boulet decanon eſt à ſa viteſſe initiale. Suppoſons, par exemple, que la balle de plomb qu'on a chaſſée avec l'eſpingard, ait de diamètre $D = \frac{1}{24}$ de pied & qu'elle ſe ſoit enfoncée à la profondeur $S = 2$ pieds; comme la gravité ſpécifique du plomb eſt $g = 9060$,

~~ainſi fera~~ $u = \sqrt{\frac{S}{g\ D}} = \frac{48}{9060}$.

Suppoſons d'un autre côté que le boulet de fer ait de diamètre $D = \frac{1}{4}$ de pieds & que ſon enfoncement S ſoit de 7 pieds; comme la gravité ſpéciſique du fer eſt $g = 6115$ ~~fera~~ $u = \sqrt{\frac{S}{g\ D}} = \sqrt{\frac{28}{6115}}$, donc ſi la viteſſe initiale connue de la balle d'eſpingard eſt ſuppoſée

$= 1200$ pieds, on aura $\frac{\sqrt{48}}{9060} : 1200 = \sqrt{\frac{28}{6115}} :$

$\frac{1200\sqrt{\frac{28}{6115}}}{\sqrt{\frac{48}{9060}}} = 1036$ pieds pour la valeur cherchée de la viteſſe.

Il faut obſerver que cette formule peut ſervir à réſoudre autres problêmes. Par exemple, ſi l'on connoît le diamètre, la denſité, la viteſſe & l'immerſion d'une balle dans ce but, on déterminera par le moyen de notre formule, les immerſions des balles dont la denſité, la viteſſe & le calibre ſeront différens.

177. Si en faiſant les expériences de la maniere que nous venons d'expoſer, on emploie les canons dont nous avons parlé (§. 89.) & qu'on les charge d'une quantité de poudre ordinaire de guerre égale aux $\frac{1}{8}$ du poids du boulet dans les pièces de 32 & de 16, & à la moitié du poids de la balle dans les ſacres, le réſultat des épreuves, lorſqu'elles ſeront faites dans un tems ni très-ſec ni très-humide, donnera la viteſſe initiale moyenne de 800 pieds environ, pour les canons de 32; de 850 à 860, pour ceux de 16; au-deſſus de 900 pour les pièces de 8 & au-deſſous pour celles de 4.

Au mois de Juillet 1764, le ſous-Lieute-

nant de Butet a inventé une machine très-ſimple pour meſurer la viteſſe initiale des projectiles des armes à feu de quelqu'eſpece qu'elles ſoient. Il adapte une petite plaque de métal garnie d'un poinçon mobile à une machine quelconque, pourvu qu'elle ait une roue qui tourne d'un mouvement égal & avec une viteſſe ſuffiſante; ce poinçon eſt retenu à quelque diſtance de la circonférence de la roue par un fil qui croiſe la bouche de l'arme à feu. La balle, en ſortant, rompt ce fil & laiſſe agir un reſſort qui rapproche auſſi-tôt le poinçon de la roue en mouvement, ſur laquelle celui-ci décrit un arc juſqu'à ce qu'il ſoit reculé par le choc de la balle contre un but mobile qui eſt placé à quelques pieds de diſtance. Pour cet effet, on attache à ce but l'extrémité d'un bâton dont l'autre bout tient à la petite plaque: ainſi, le poinçon eſt retiré en arriere par le baton qui ſuit le mouvement du but & ceſſe de décrire l'arc ſur la circonférence de la roue.

Lorſqu'on connoît le mouvement de la roue, la réſiſtance de la bouche du canon au but & la grandeur de l'arc que le poinçon a décrit, il eſt facile de déterminer l'eſpace que la balle peut parcourir dans une ſeconde

avec une viteſſe uniforme ou, ce qui eſt la même choſe, ſa viteſſe initiale.

Afin de diminuer aſſez le frottement pour qu'il ne puiſſe pas influer ſur le réſultat de l'expérience, on pratique une cannelure dans la partie de la roue qui répond au poinçon & on la remplit de ſuif qui n'oppoſe à l'inſtrument qu'une réſiſtance très-légere.

En faiſant des changemens conformes aux diſpoſitions que nous venons de décrire, cette plaque ſervira à déterminer le tems que la balle emploie à parcourir l'ame de la pièce: elle fera connoître la viteſſe initiale des bombes & la réſiſtance que l'air oppoſe à leur mouvement.

178. Lorſqu'on veut employer la troiſiéme maniere de meſurer la viteſſe initiale des balles qui ſont chaſſées par une arme à feu dont l'ame eſt cylindrique, il faut obſerver que la balle, auſſi-tôt qu'elle a commencé à ſe mouvoir, acquérant continuellement de nouveaux degrés de viteſſe, à meſure qu'elle s'avance vers la bouche du canon, ſe dérobe à une partie de la preſſion du fluide & n'eſt pouſſée que par l'excès de la viteſſe de ce fluide ſur la ſienne. Cet excès diminue à proportion que la balle s'approche de la bouche de

la pièce, & la preſſion que le fluide exerce contre la balle deviendroit égale à zero, ſi l'ame du canon étoit d'une très-grande longueur. Il réſulte de-là que, quoique l'échelle X Y Z de preſſions du fluide ſur le boulet ait ſon origine au même point X, que celle X N O des preſſions contre les parois de l'ame, cependant ſes ordonnées H Y, G Z, ſont plus courtes que les correſpondantes H N, G O; il en réſulte auſſi que leurs différences N Y, G Z, ſont d'autant plus grandes que la balle s'approche plus de G. Fig. 13.

Ainſi, lorſque les différentes épaiſſeurs de l'ame d'une pièce ſont proportionnées aux différentes preſſions de la charge, on a toujours deux échelles, dont l'une exprime les preſſions du fluide contre les parois du canon, dans chacun des points phyſiques que contient la longueur de l'ame, & l'autre exprime celles qu'il exerce ſur la balle dans les mêmes points. Lorſque la premiere de ces échelles eſt continuellement convergente vers la bouche de la pièce, elle ſe tire d'une coupe faite ſelon la longueur du canon & elle peut être regardée comme la limite de la plus grande viteſſe de la balle.

179. L'expérience fait voir conſtamment que, lorſqu'une arme à feu, de quelque calibre

qu'elle ſoit, eſt chargée de la quantité de poudre qu'exige la plus grande portée qu'on cherche à ſe procurer dans l'uſage ordinaire, & que cette poudre eſt refoulée de maniere qu'il ne reſte entre les grains que les interſtices néceſſaires pour la propagation du feu, l'épaiſſeur de cette pièce doit augmenter continuellement depuis la bouche juſqu'à la culaſſe, afin que l'ame puiſſe réſiſter, dans tous ſes points, à la preſſion immédiate du fluide élaſtique, d'où il ſuit que l'échelle des preſſions contre les parois eſt convergente vers la bouche du canon & que la plus grande ordonnée de cette échelle eſt très-près du lieu qu'occupe le boulet.

Fig. 15. Cela poſé pour trouver l'équation de l'échelle des preſſions, tirés la droite K I parallele à la directrice E G conſidérée comme l'axe auquel les ordonnées ſeront perpendiculaires; maintenant ſoit la preſſion K E = p, & l'abſciſſe E L = K I = x: comme l'ordonnée I H de la courbe K H y eſt toujours une fonction de l'abſciſſe K I, on pourra exprimer I H par nx, & multipliant cette grandeur par l'abſciſſe = x, & par m qui déſigne la fraction qui entre dans la quadrature de la ſurface K H I, on aura le produit nmx^2 qui exprimera ſa ſurface K I H: or le rectangle E K I L étant = px la ſurface E K H L = $px - nmx$;

ainſi appellant V la viteſſe LB qui répond à cette ſuperficie, on aura $V = \sqrt{px - nmx^2}$.

180. Pour appliquer cette formule à quelque cas particulier, nous choiſirons les épreuves qui depuis trente années conſécutives ſont les plus fréquentes à l'Arſenal Royal. Depuis qu'on a établi en Piémont une fabrique de canons de fuſil, on ne les reçoit point à l'Arſenal avant qu'ils n'aient été éprouvés en préſence de quelques Officiers d'Artillerie, ou au moins d'un d'entr'eux.

Plus de cent mille canons faits ſur le même modele, ont été éprouvés de la maniere ſuivante. On les charge avec $\frac{22}{24}$ d'once de poudre ordinaire de guerre ſur laquelle on met une balle d'étoupe fort dure qu'on fait entrer à force dans le canon & qui après avoir été pouſſée juſqu'au fond avec la baguette, eſt refoulée par un coup que donne l'Armurier avec toute la force de ſon bras. On y met enſuite une balle de plomb qui peſe environ $\frac{47}{48}$ d'une once, & par-deſſus une bourre ſemblable à la premiere & comprimée également. Après avoir ainſi chargé les canons, on les place horiſontalement la culaſſe appuyée contre une poutre, & on les tire deux fois chacun.

Dans toutes les épreuves qui ont été faites, on a toujours vu quelques canons éclater, &

l'on obſerve que ~~le vent~~ l'event ſe trouve tantôt vers la culaſſe & tantôt au milieu de l'ame ou près de la bouche. Or quoique le nombre des canons qui éclatent ne ſoit pas le même chaque année relativement à la quantité de ceux qu'on éprouve. Cependant comme les *évents* n'arrivent pas plus fréquemment dans une partie de l'ame que dans une autre, les Officiers & les Fabriquants n'ont jamais penſé qu'il fût néceſſaire de faire quelques changements dans la porportion de ces canons. Ainſi nous pourrons avec raiſon les regarder comme étant proportionnés convenablement dans toute leur longueur aux preſſions du fluide élaſtique qui ſe développe dans les épreuves dont nous venons de parler en déduiſant de la maſſe de ce fluide, la portion qui s'échappe par la lumiere & par le vent de la balle. Ainſi connoiſſant la coupe du canon, on aura par le moyen de la formule (§. 179.) la limite de la plus grande viteſſe de la balle dans chaque point de la longueur de l'ame.

Fig. 21. 181. Les épaiſſeurs de ces canons dans chacun des points de la longueur de l'ame ſont déterminées par une droite F D qui, depuis la culaſſe juſqu'à la bouche du canon, s'approche continuellement de ſon axe. Ainſi connoiſſant les longueurs B E & B H & les épaiſ-

ſeurs correſpondantes EF, HL, on pourra déterminer la poſition de la droite MON qui eſt l'échelle des preſſions du fluide contre les parois, puiſque les ordonnées EM, HO, BN, de cette échelle ſont proportionnelles aux épaiſſeurs correſpondantes EF, HL, BD. Si on prolonge les droites EB, FD, elles ſe rencontreront au point R où la ligne MN viendra toujours aboutir, même lorſque FLD & MON ſeront deux lignes courbes. Ainſi l'on connoîtra ER que nous appellerons b, & faiſant la proportion EM $= p$: on trouvera que dans le cas préſent la valeur de $n = \frac{p}{b}$: donc $\Phi O = \frac{px}{b} = nx$, e m égalera la fraction $\frac{1}{2}$, parce que la ſuperficie qu'il faut quarrer eſt un triangle MΦO. Ainſi $nmx^2 = \frac{px}{2b}$ & conſéquemment $V = \sqrt{px - nmx^2} = \sqrt{px - \frac{px^2}{2b}}$ qui eſt une équation à l'élipſe que l'on conſtruira comme nous l'avons enſeigné (§. 172.)

Si l'on prend $p = 2b$, alors on aura $V = \sqrt{2bx - x^2}$ équation à un cercle dont le rayon ſeroit égal à b, ainſi du point R pris pour centre & de l'intervalle RE $= b$, décrivant l'arc EGK les ordonnées HG, BK exprimeront $: b :: nx : x$.

les viteſſe relatives que la balle auroit dans les points H, B, ſi la ligne M O N étoit l'échelle des preſſions que le fluide exerce ſur elle, il faut remarquer ici.

1°. Que ſi l'on diminue la charge de la poudre dans les canons dont il s'agit ſans affoiblir la réſiſtance des bourres de la balle, la preſſion du fluide ſera toujours la même au point E; mais elle ſera plus foible aux points H & B (§. 152.): ainſi la viteſſe que la balle aura aux mêmes points, ſera auſſi diminuée.

2°. Que ſi l'on diminue la réſiſtance en diminuant la charge, ſoit qu'on emploie des bourres moins conſidérables, ſoit qu'on les refoule avec moins de force, les preſſions du fluide ſeront moindres tant au point E que dans les points H & B.

3°. Enfin qu'en variant la réſiſtance, on rendra le rapport des preſſions aux points H & B égale au plus grand ou moindre que celui qu'on trouve en ſubſtituant dans la formule les épaiſſeurs de ces canons. Toutes ces conſéquences ſe déduiſent facilement de la théorie que nous avons expoſée & s'accordent entierement avec l'expérience.

182. La formule $V = \sqrt{2bx - x^2}$ eſt très-commode pour déterminer par approximation, combien la longueur d'une arme influe

ſur celle de la portée. Prenons, par exemple, le canon A D P dont les différentes épaiſſeurs depuis la partie E qu'occupe la balle juſqu'à la bouche ſont déterminées par une droite, & ſuppoſons qu'elles ſoient proportionnées à la plus grande charge qu'on emploie dans la pratique. Si l'on veut ſavoir quelles ſeront les différences dans les viteſſes de la balle ou, ce qui eſt la même choſe, dans la longueur des portées, en employant un canon plus court comme A H, ou plus long comme A Q, il faut prolonger les droites E B, F D juſqu'à ce qu'elles ſe rencontrent en R, & du point R pris pour centre, & de l'intervalle R E décrire un arc de cercle E G K ; on menera enſuite à A R les normales H G, B K, Q T qui exprimeront les rapports approchés de la longueur des portées qui répond à celle des canons. Fig. 21.

J'ai dit que la formule ne donneroit qu'une approximation ; en effet, la ligne M O N, étant l'échelle des preſſions du fluide contre les parois M Y Z qui eſt celle des preſſions contre la balle, ſe rapproche plus promptement de E R qu'elle touche ou qu'elle coupe dans un point S. Ainſi la véritable échelle des viteſſes de la balle eſt E I V X dans laquelle la différence entre les viteſſes aux points H, B, Q,

eſt moindre que celle de l'autre échelle EGK. Mais quelle que ſoit la nature de la ligne MYZ ſon prolongement coupera néceſſairement la droite E R dans le point S ; car le fluide ſe dilatant dans une capacité qui augmente continuellement & s'échappant en partie par la lumiere & par le vent du boulet, ſa viteſſe diminue au point qu'il ne peut plus atteindre la balle.

Ce point S eſt toujours le centre d'une courbe EIVX rentrante finie, dont SE eſt le demi arc & E M le parametre ; il ſert dans tous les cas à déterminer dans une arme dont l'ame eſt cylindrique, la plus grande longueur qu'on puiſſe lui donner, parce qu'au-delà de ce point, la viteſſe de la balle n'augmente plus. Il ſuit évidemment de ce que nous avons dit, que dans le même canon le point S ſera plus ou moins éloigné de A, à proportion de la qualité ou de la quantité de poudre dont la piece ſera chargée, ainſi que du diamètre & de la denſité de la balle.

183. Puiſqu'on connoît le rayon $\frac{BP}{2} = r$ de ce canon & ſon épaiſſeur E F = M & qu'on peut découvrir par une expérience particuliere la cohéſion des parties du métal dont il eſt compoſé, on connoîtra par ce moyen

l'élaſticité $= n$ du fluide, ou ſe ſervant de la formule $7200nr = mq$ (*Inſt. Phyſ. Mec.*) ſi l'on ſubſtitue enſuite dans la formule $V = \sqrt{\frac{57nApl}{2r}}$ (§. 175.) les valeurs de n, de r, de l qui expriment la longueur EB de l'ame depuis la balle juſqu'à la bouche de la piece; de A qui eſt la hauteur d'un barometre fait du même métal que la piece & de p qui exprime le rapport entre le trapeze EMNB, & le rectangle fait du produit d'EM × EB, on aura la valeur de la viteſſe initiale correſpondante $= V$ de la balle.

Pour donner un exemple, ſuppoſons que DAP ſoit un émérillon dont les épaiſſeurs ſont en équilibre avec une charge donnée; ſoit le diametre $DP = 2r = \frac{1}{12}$ de pied, ſoit EF la plus grande épaiſſeur de la piece dans le lieu qu'occupe la balle ou très-près de cette partie, & que ſa valeur ſoit $m = \frac{1}{24}$ de pied. Si la cohéſion du métal dont l'émérillon eſt fait, eſt telle, qu'un poids de 5760000 livres $= q$ ſoit néceſſaire pour rompre un pied de ſuperficie en ſubſtituant ces données dans la formule $7200rn = mq$, on aura $7200 \times \frac{1}{24} n = \frac{1}{24} \times 5760000$, d'où tirant la valeur de n, on trouvera que la plus grande élaſticité $= n$ du fluide qui ſe développe dans la piece, égale 800 fois la preſſion moyenne de l'atmoſphere.

Pour trouver la viteſſe initiale d'une balle par cet émerillon ſoit E B = l = 2 pieds, & $p = \frac{2}{3}$, ſi la balle eſt de plomb A ſera environ = 1 pied $\frac{3}{4}$, ainſi ſubſtituant ces valeurs dans la formule $V = \frac{\sqrt{57nApl}}{2r}$, on aura $V = \frac{\sqrt{57 \times 800 \times 1\frac{3}{4} \times \frac{2}{3} \times 2}}{\frac{1}{12}}$ = 1130 pieds pour la viteſſe initiale de la balle de plomb.

Mais ſi l'on emploie des balles de fer, alors A ſera = 2 $\frac{1}{2}$ pieds ainſi l'on aura $V = \frac{\sqrt{57 \times 800 \times 2\frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times 2}}{\frac{1}{12}}$ = 1355 pieds environ, pour la viteſſe initiale d'une balle de fer.

CHAPITRE V.

Des expériences qui ont été faites pour déterminer la réſiſtance que l'air oppoſe aux projectiles des armes à feu.

184. SI l'on charge des canons de même longueur & de calibre différent avec la même eſpece de poudre, en proportionnant ſa quantité

tité au poids du boulet, & qu'on refoule également les bouchons dans toutes ces pieces, les viteſſes initiales que donneront les boulets de fer chaſſés par ces canons, ſeront toujours plus grandes à proportion que le calibre de la piece ſera plus petit.

Mais ſi ces pieces chargées avec les mêmes circonſtances ſont tirées ſur un terrein incliné qui deſcende continuellement depuis la plateforme de la batterie juſqu'à une étendue ſuffiſante pour les expériences, on verra que la portée d'un canon de gros calibre ſe rapproche de plus en plus de celle d'un canon de moindre calibre & finit par la ſurpaſſer. Cet effet eſt d'autant plus remarquable que l'horiſon ſur lequel les boulets tombent en premier lieu, eſt plus bas que celui de la batterie.

185. Par cet excès de viteſſe dans les pieces de petit calibre, il eſt facile de juger que le rapport de la ſomme des preſſions au diametre de la balle eſt plus grand dans tous ces canons. En effet, ſi elle eſt moindre dans ces pieces que dans celles de gros calibre lorſque la réſiſtance conſiſte uniquement dans l'inertie des bouchons & de la balle, parce qu'elle eſt alors proportionnelle au diametre des boulets; ce rapport doit être plus grand dans la circonſtance préſente où la réſiſtance, provenant ſur-

tout du frottement des bouchons refoulés avec la même force, eſt plus conſidérable dans les canons de plus petit calibre. Il faut obſerver encore que, la poudre étant plus raſſemblée dans les petites pieces, le fluide qui ſe développe dans le lieu qu'occupe la charge, a plus d'élaſticité. Ainſi la poudre ſe conſumant plus promptement, le rapport de la ſomme des preſſions au diametre de la balle doit néceſſairement augmenter. Ajoutons à ces conſidérations que la balle, parcourant un plus grand eſpace dans les pieces de petit calibre, reçoit plus long-tems l'impulſion du fluide, ce qui doit encore accroître ſa viteſſe.

186. Le ſecond effet (§. 184.) provient uniquement de la réſiſtance que l'air oppoſe aux boulets. Cette force qui eſt très-conſidérable lorſque les projectiles ſont mus avec une grande viteſſe, ſe manifeſte principalement en diminuant la portée des balles de calibre. On verra évidemment qu'elle eſt l'unique cauſe de l'effet dont il s'agit, ſi l'on veut examiner le réſultat ſuivant des expériences qui ont été faites au mois de Juin 1764, ſur les bords du Pô & ſuivre la comparaiſon que préſente la table entre la longueur des parties & celle que donneroit la viteſſe initiale des boulets, ſi l'"air ne réſiſtoit pas à leur mouvement.

On a employé dans ces expériences les charges & les boulets capables de donner les viteſſes marquées dans la table, & l'on a chargé les pieces avec les précautions néceſſaires. On a fait un grand nombre de décharges, en obſervant de diriger les boulets de maniere que dans l'eſpace qu'ils ont parcouru, ils ſe ſont trouvés toujours dans l'atmoſphere du fleuve. Pour cet effet, on avoit choiſi la partie preſque rectiligne du Pô qui coule des Moulins de Rocca-Franca, à la Chapelle du Crucifix appellée vulgairement *il Pilonetto.*

Pendant les cinq matinées qu'on a employées aux expériences, le barometre a été conſtamment dans le lieu de la batterie, à la hauteur de dix-ſept pouces, ſix lignes, à l'exception de la fin de la troiſieme matinée où il a monté un inſtant.

COMPARAISON

Des longueurs des portées obſervées en Juin 1764 le long du Pô, avec celles que produiroit une viteſſe initiale donnée, ſi l'air ne réſiſtoit point au mouvement de la balle.

Longueurs des tirs.

	Viteſſe initiale des balles.	Angle d'élévation.	Quand l'air réſiſte.	Quand l'air ne réſiſte pas.
	pieds.	degrés	pieds	pieds
Carabines rayées du calibre de $\frac{5}{8}$ & $\frac{2}{3}$ tirées avec des balles de calibre peſant $\frac{6}{8}$.	1160	15	1596	35410
		$24\frac{1}{3}$	1662	53115
		45	1584	70821
Fuſil d'antaſſin, du calibre d'un pouce tiré avec des balles d'un calibre correſpondant & du poids de $23\frac{1}{3}$ à $23\frac{1}{2}$.	1030	$7\frac{1}{4}$	1680	13959
		15	2310	27918
		$24\frac{1}{3}$	2364	41877
		45	2090	55836
Arquebuſes du calibre de trois pouces & demi tirées avec	Des balles du calibre & du poids de trois onces.	1100	15	2544	31842
			$24\frac{1}{3}$	3102	47563
			45	2940	63684
	Balles des calibre & du poids de 3 onces ou $3\frac{1}{2}$. balles de calibre de trois pouces $\frac{1}{2}$, du poids de trois onces.	1050	15	3006	29013
		1227	15	2890	39619

Cette comparaiſon fait voir par exemple que la carabine rayée étant tirée dans les circonſtances où la balle ſort avec une viteſſe initiale de 1160 pieds, n'a donné ſous un angle de 45 degrès que 1584 pieds pour la longueur de la portée, tandis que la théorie des projectiles qui ſe meuvent dans le vuide, fait monter cette portée à 70821. Or puiſqu'en meſurant la viteſſe initiale près de la bouche de la piece ou en pointant le canon à 45 de-

grès, la ſeule différence qui ſe trouve entre ces deux expériences, eſt que dans la premiere, l'eſpace que la balle parcourt dans l'air eſt très-court, au lieu qu'il eſt très-grand dans la ſeconde; c'eſt donc à la maſſe d'air que la balle déplace, &c. par conſéquent à la réſiſtance que ce fluide lui oppoſe qu'il faut attribuer la différence conſidérable qui ſe trouve entre la portée qu'on obtiendroit dans le vuide & celle qu'on obſerve lorſque le canon eſt tiré ſous un angle de 45 degrés.

187. Les expériences ſuivantes font voir que la balle éprouve une plus grande réſiſtance lorſqu'elle traverſe l'atmoſphere d'un terrein humide que lorſqu'elle déplace celle d'un terrein ſec.

Dans les expériences du mois de Juin 1764, on tira quelques coups du Moulin de Rocca-Franca ſur le Pô, avec un eſpingard du calibre de 3 pouces $\frac{1}{8}$ pointé à 15 degrés & chargé de maniere à donner une viteſſe initiale de 1050 pieds, & l'on trouva la portée moyenne très-approchante de 3006 pieds, auſſi-tôt on dirigea l'eſpingard dans la direction du chemin de Stupinigi, & ayant fait pluſieurs décharges avec les mêmes circonſtances que les premieres, on obſerva la portée moyenne de 3300 pieds.

188. On peut déduire des comparaiſons précédentes, une partie des conſéquences qui réſultent de la théorie de la réſiſtance de l'air que nous avons expoſée dans les *Inſt. Ph. Mec.*

1°. Que la réſiſtance de l'air qui diminue les portées, agit plus puiſſamment ſur les balles de petit calibre lorſqu'elles ont la même gravité ſpécifique.

2°. Que cette diminution eſt plus conſidérable lorſque, le diametre des balles étant égal, elles ont moins de denſité.

3°. Que lorſque la piece & le but ſont dans le même horiſon, il faut pointer le canon au-deſſous de 45 degrés pour avoir la plus grande portée qui puiſſe réſulter d'une charge donnée.

4°. Que le degré d'élévation qui donne la plus grande portée, s'éloigne d'autant plus de 45 degrés, que le calibre de la balle eſt plus petit ou que ſa denſité eſt moindre.

5°. Que la plus longue portée qu'on puiſſe obtenir avec la charge la plus forte qu'on employe dans l'Artillerie pratique, dépend de la direction de la piece, de la viteſſe initiale de la balle, de ſon diametre & de ſon poids, de la denſité de l'air qu'elle traverſe, enfin de l'égalité ou de la différence qui ſe trouve entre l'horiſon de la piece & celui du but.

Si l'on réfléchit ſur ces conſéquences & qu'on ſe rappelle ce que nous avons dit dans

les §§. 102, 103, 104, on verra évidemment que lorſqu'on emploie la meſure des portées pour déterminer la charge qui donne la plus longue, les produits des expériences étant expoſés à un grand nombre de modifications, ſur-tout lorſque la balle doit parcourir un grand eſpace avant de toucher le terrein, ces expériences ſont néceſſairement très-compliquées & exigent que les obſervations ſoient continuées pluſieurs jours de ſuite.

189. Dans la comparaiſon que nous avons faite de la longueur des portées que les expériences ont donnée avec celle qu'on obſerveroit ſi l'air n'oppoſoit aucune réſiſtance au mouvement de la balle (§. 186), nous avons ſuppoſé que la charge qui donne une certaine viteſſe initiale lorſque la piece eſt tirée horiſontalement, produiroit le même effet en pointant le canon à différents degrés d'élévation.

Pour prouver que cette ſuppoſition a lieu dans les balles de petit calibre dont nous parlions alors & qu'elle n'eſt contredite en aucune maniere par les expériences du §. 169, on a tiré le canon de fuſil (§. 186.) contre un but de bois d'une poroſité preſqu'égale dans tous ſes points & placé à trois pieds de diſtance : on a donné à ce fuſil une direction horiſontale & on l'a chargé de maniere à pro-

duire une viteſſe initiale de 1030 pieds. On l'a rechargé enſuite de la même maniere & on l'a tiré dans une direction perpendiculaire contre le même but placé à la même diſtance. Dans ces deux expériences la balle s'eſt également enfoncée à la profondeur de 7 pouces $\frac{1}{2}$.

190. Puiſque la viteſſe initiale eſt la même dans les balles de petit calibre, quel que ſoit le degré d'élévation du canon, il s'en ſuit que l'augmentation du fluide élaſtique, qui a lieu lorſque la piece eſt plus élevée, eſt à l'augmentation de la réſiſtance que produit cette élévation dans un rapport égal à celui qui ſe trouve entre ces deux forces lorſque la piece eſt tirée horiſontalement.

191. Soit AE une droite horiſontale qui faſſe avec les lignes AF, AG, AH, AK, des angles égaux à ceux ſous leſquelles on a tiré les pieces dans les expériences du §. 186. Marquez les longueurs AB, AC, AD, AE des portées correſpondantes qui ont été obſervées, & élevez-les perpendiculaires BF, CK, DG, EH, les lignes AF, AG, AH, AK, exprimeront les eſpaces que le mouvement d'impulſion a fair parcourir aux balles, & les perpendiculaires BF, CK, DG, EH, ceux qu'elles ont parcourus par l'effet de la peſanteur : ainſi il ſera facile de tracer & de prolonger la courbe que la balle décrit dans ſon

Fig. 22.

mouvement, ſoit qu'on veuille faire cette opération géométriquement, ſoit qu'on aime mieux employer l'inſtrument de Dulacq (*Inſt. Phyſ. Mec.*)

192. Si on fait paſſer une ligne par les points A, F, G, H, K, on aura la courbe A F G H K des projections lorſqu'on voudra pointer une piece à un degré au-deſſous de 45. Cette courbe indiquera le point où la balle frappera la ligne horiſontale A E, & au contraire, ſi le point de la ligne A E qu'il faut frapper, eſt donné, on trouvera le degré d'élévation qu'il faut donner à la piece ſans être obligé de tracer la courbe que la balle doit décrire dans ſon mouvement. On voit donc que ſi dans les expériences du mois de Juin 1764, on avoit élevé les pieces au-deſſus de 45 degrés, pour connoître la longueur correſpondante A M des portées, on auroit eu exactement la courbe entiere A F G H K M L des projections.

193. Cette méthode (§. 191.) de trouver la courbe que décrivent les projectiles des armes à feu, peut être employée lorſque la viteſſe initiale des balles eſt la même, quoique la piece ſoit tirée ſous différents degrés d'élévation. Mais comme elle ne peut pas ſervir pour les armes à feu dans leſquelles les viteſſes ſont différentes lorſque le degré d'éléva-

tion n'eſt pas le même, on pourra alors faire uſage de la méthode ſuivante ou de quelqu'autre équivalente pour trouver la courbe que la balle doit décrire.

Fig. 23. Choiſiſſez un terrein montueux ſur lequel on puiſſe placer la piece à différentes hauteurs A, C, D : on tirera d'abord quelques coups du lieu *a*, en obſervant de charger toujours également, & de placer l'arme dans la même direction que nous ſuppoſerons horiſontale dans le cas préſent, & l'on remarquera à chaque décharge le point où la balle tombe en premier lieu ; on tirera enſuite des lieux C, D, E dans la même direction & avec les mêmes circonſtances, & l'on remarquera également les points L, B, Q, où la balle tombera. Elevant enſuite les perpendiculaires IH, LK, BM, QC, ces lignes ſeront les abſciſſes de la courbe que la balle décrira, & les horiſontales AH, CK, DM, les ordonnées correſpondantes ; alors connoiſſant la valeur de ces lignes, on cherchera la nature de la courbe, on la décrira méchaniquement. Cette courbe ſera celle que le projectile décrira lorſque les différentes élévations d'où il aura été tiré, ne pourront pas influer ſenſiblement ſur ſa viteſſe initiale.

Mais, ſi aux points I, L, B, Q le terrein eſt de nature à ſe laiſſer pénétrer, & diſpoſé de maniere que la balle puiſſe s'y enfoncer dans

même direction qu'elle a en arrivant à ces points. Alors la direction de ces trous étant elle des tangentes de la courbe, on connoîa par ce moyen les ſous-tangentes & les ous-normales correſpondantes à ces points. inſi, on pourra trouver encore l'équation à courbe par la méthode inverſe des tangentes.

194. Lorſque la courbe aura été trouvée e cette maniere, il eſt néceſſaire, pour la ſoudre dans les mouvemens ſimples dont lle eſt compoſée, de connoître le tems que balle emploie à parcourir l'eſpace entre la ouche de la pièce placée ſucceſſivement en , C, D, E, & les points I, L, B, Q, où elle encontre le terrein : on ſe ſervira, pour cet ffet, d'une pendule ſimple ou d'une horloe qui marque de très-petites diviſions, telles u'un demi, ou un $\frac{1}{3}$ d'une ſeconde. On la lacera à côté de ceux qui ſont chargés d'oberver la chûte des balles ſur le terrein ; & ils ompteront les intervalles de tems à commener de l'inſtant où ils appercevront le feu ſorr de la pièce juſqu'au moment où la balle ouchera la terre. Suppoſons que la balle ait mployé un tems $= a$, pour arriver en I ; un ems $= b$, pour arriver de C en L ; un tems $= d$, our parvenir de D en B ; enfin, un tems $= f$ our venir de E en Q ; on marquera A ſur la diection AE, les tems AB $= a$, AC $= b$, AD = Fig. 24.

d, A E $= f$, & faiſant les ordonnées correſpondantes B H, C I, D K, E L, égales chacune aux eſpèces que la balle pouſſée par ſon mouvement d'impulſion aura parcourus dans les tems correſpondans, leſquels eſpaces ſeront connus par l'expérience du §. 193, on aura l'échelle A H I K L, des eſpaces pacourus dans les tems; de laquelle on déduira celle des vîteſſes, & l'on tirera de cette derniere l'échelle des forces momentanées, qui retardent le mouvement du boulet.

Fig. 25. On marquera de la même maniere ſur la directrice M V, les tems M R $= a$ M T $= b$, M V $= f$, & élevant les ordonnées R r, T t, S s, V u, égales chacune aux eſpaces correſpondans que la peſanteur aura fait parcourir à la balle & qu'on trouvera par l'expérience du §. 193. on aura l'échelle M r s t u des viteſſes; enfin, cette derniere fera connoître l'échelle des réſiſtances momentanées que l'air oppoſe au mouvement de la peſanteur.

195. Si l'on veut connoître ſeulement la loi de la réſiſtance que l'on oppoſe au mouvement des projectiles, on pourra ſe ſervir d'une des méthodes ſuivantes pour faire, ſur cet objet, des expériences plus faciles, dont

e réſultat donnera une approximation plus xacte que celles des § 186, 193, 194.

La premiere de ces méthodes conſiſte à ouver l'échelle des eſpaces que la balle ouſſée par le mouvement d'impulſion, au- a parcourus dans les tems correſpondans. Dans la ſeconde, il s'agit de trouver, par le oyen de ce mouvement, l'échelle des vi- eſſes retardées dans les eſpaces correſpon- ans. Pour la premiere échelle, il faut tirer luſieurs coups du point S & ſous la même irection S*r*, avec la même arme, qu'on hargera également. On placera ſucceſſive- ent un but perpendiculaire à différentes iſtances S*o*, S*l*, S*m*, S*n* où la balle puiſſe Fig. 26. tteindre. Or, comme on connoîtra toujours eux points ſur la ſurface de ce but, ſçavoir, e point où tombe la ligne de direction S*r*, c celui que touche la balle; on connoîtra onc les eſpaces. *o a*, *l b*, *m c*, *n d*, que la éſanteur aura fait parcourir à la balle, & les ſpaces correſpondans S*o*, S*l*, S*m*, S*n*, u'elle aura parcourus dans le même tems ar ſon mouvement d'impulſion, & l'on ouvera la courbe *ſ a b c d*, que le projec- le décrit dans ſon mouvement.

Si dans ces expériences, on place le but diſtance telle que la plus grande ligne

$n\,d$, que la balle parcourt dans ſa chûte, ne ſurpaſſe pas 90 pieds, afin que la réſiſtance de l'air au mouvement de la péſanteur ſoit encore peu conſidérable, on pourra ſe ſervir de la formule $S = \frac{19}{2} t^2$ *Inſtit. Phy.* par le moyen de laquelle on connoîtra le tems $= t$ que la balle aura employé à parcourir les eſpaces $o\,a$, $l\,b$, $m\,c$, $n\,d$, par ſon mouvement de péſanteur; on connoîtra conſéquemment celui qu'elle aura mis à parcourir les eſpaces $S\,o$, $S\,l$, $S\,m$, $S\,u$, par ſon mouvement d'impulſion.

On tirera enſuite la directrice AE, en faiſant

Fig. 24. $AB = \sqrt{\frac{2}{19}}\,o\,a$ $AC = \sqrt{\frac{2}{19}}\,l\,b$, $AD = \sqrt{\frac{2}{19}}\,m\,c$, $AE = \sqrt{\frac{2}{19}}\,n\,d$, & élevant enſuite aux points B, C, D, E, les perpendiculaires $BH = S\,o$, $CI = S\,l$, $DK = S\,m$, $EL = S\,n$, la ligne qui paſſera par les points A, H, I, K, L, ſera l'échelle des eſpaces, que dans les tems correſpondans, la balle aura parcourus avec un mouvement retardé d'impulſion.

De cette échelle on tirera enſuite celle des viteſſes correſpondantes M N O P Q; & de celle-ci, on déduira l'échelle des réſiſtances momentanées que l'air aura oppoſées au

mouvement de la balle : on connoîtra donc par l'expérience rapportée, combien le mouvement d'impulſion du projectile a été retardé.

196. Dans les méthodes données juſqu'ici pour déterminer la réſiſtance de l'air, nous avons ſuppoſé la balle ſortir toujours dans la direction de l'axe du canon ; mais comme cela n'arrive pas toujours, pour remedier à cet inconvénient, on tirera la pièce avec une charge qui donne une des viteſſes initiales déjà connues ; on placera le but à diverſes diſtances, So, Sl, Sm, Sn, priſes à volonté, & l'on meſurera la viteſſe avec laquelle la balle frappe le but à ces diſtances, ſoit en ſe ſervant de ſon immerſion (§. 176.) ſoit en employant quelque machine propre pour cet effet. Enſuite on prendra une directrice dont les abſciſſes ſeront les diſtances So, Sl, Sm, Sn, que la balle aura parcourues par ſon mouvement d'impulſion, & les ordonnées correſpondantes ſeront les viteſſes initiales que les expériences auront fait connoître. Enfin, prenant pour la plus grande ordonnée la viteſſe initiale choiſie pour ces expériences & l'élevant à l'origine des abſciſſes, on aura l'échelle des viteſſes dans les eſpaces correſpondans, lorſque le mouvement d'impul-

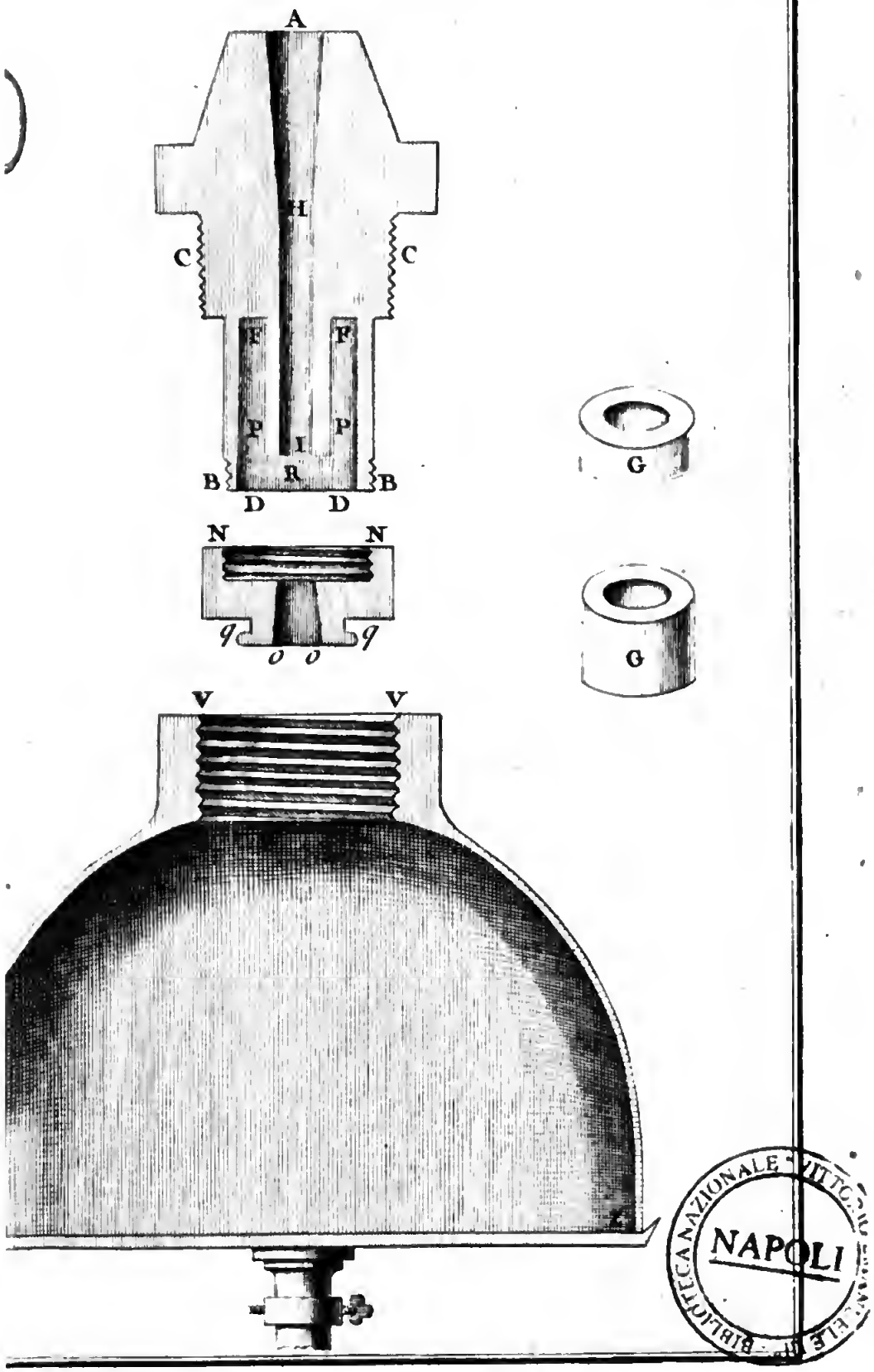
ſion eſt retardé. De cette échelle on tirera celle des réſiſtances momentanées que l'air oppoſe à la balle. En effet, il eſt indifférent dans ces expériences que la balle ſorte ou ne ſorte pas dans la direction de l'axe du canon.

197. On pourroit employer encore d'autres méthodes pour déterminer la réſiſtance que l'air oppoſe aux projectiles des armes à feu & pour trouver la courbe que la balle décrit dans ſon mouvement (§. 177.); la facilité de ſe ſervir de celles que nous avons expoſées engagera les Étudians à en chercher de nouvelles & à ſe procurer quelque méthode particuliere d'appliquer à la pratique de l'Artillerie la théorie que nous avons donnée dans nos *Inſtit. Phy.-Mécha.* Mais ſans recherches ultérieures, ceux qui ſe ſouviendront de ce que nous avons dit de plus important dans ce chapitre, & principalement dans les §. 188, 190, 191, 192. pourront en tirer un grand avantage pour le ſervice militaire des Armes à feu, & ſur-tout des mortiers à bombes; quelques eſſais ſuffiront pour leur faire connoître ce qu'ils ne pourroient découvrir que par un grand nombre d'épreuves, s'ils négligeoient ou s'ils ignoroient ce que nous avons enſeigné.

F I N.

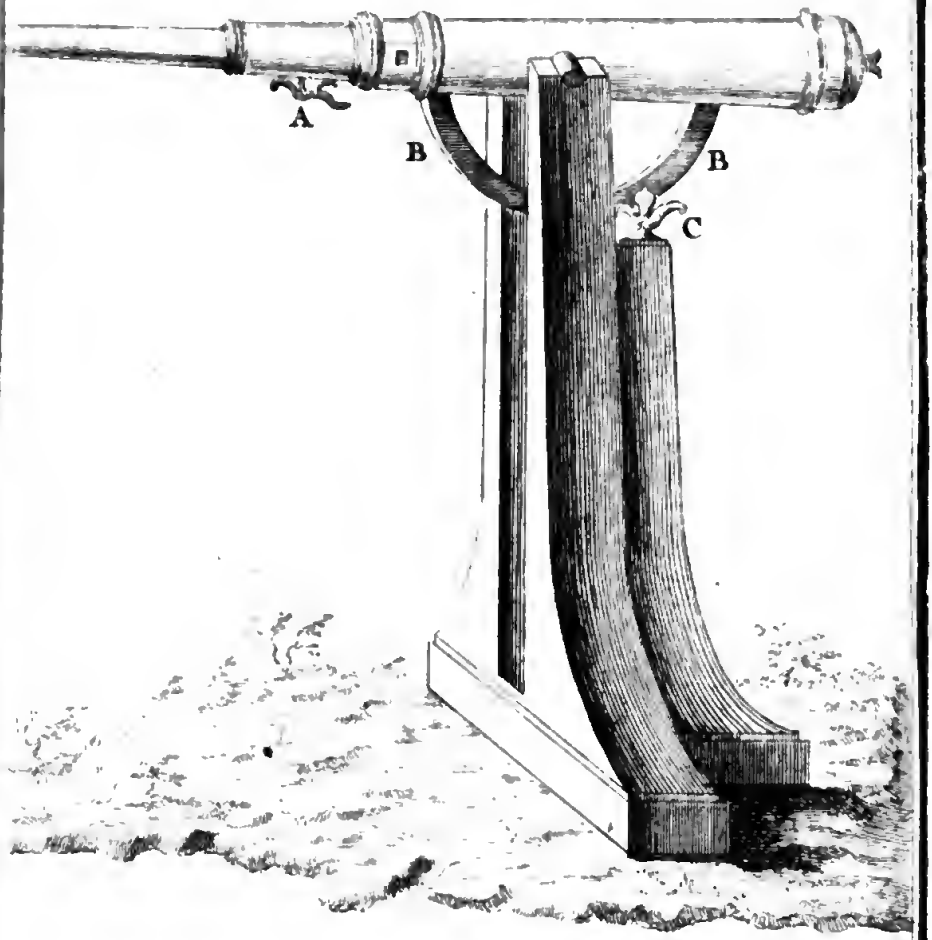
609840

Fig. 3.



BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Fig. 5.



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III"
NAPOLI

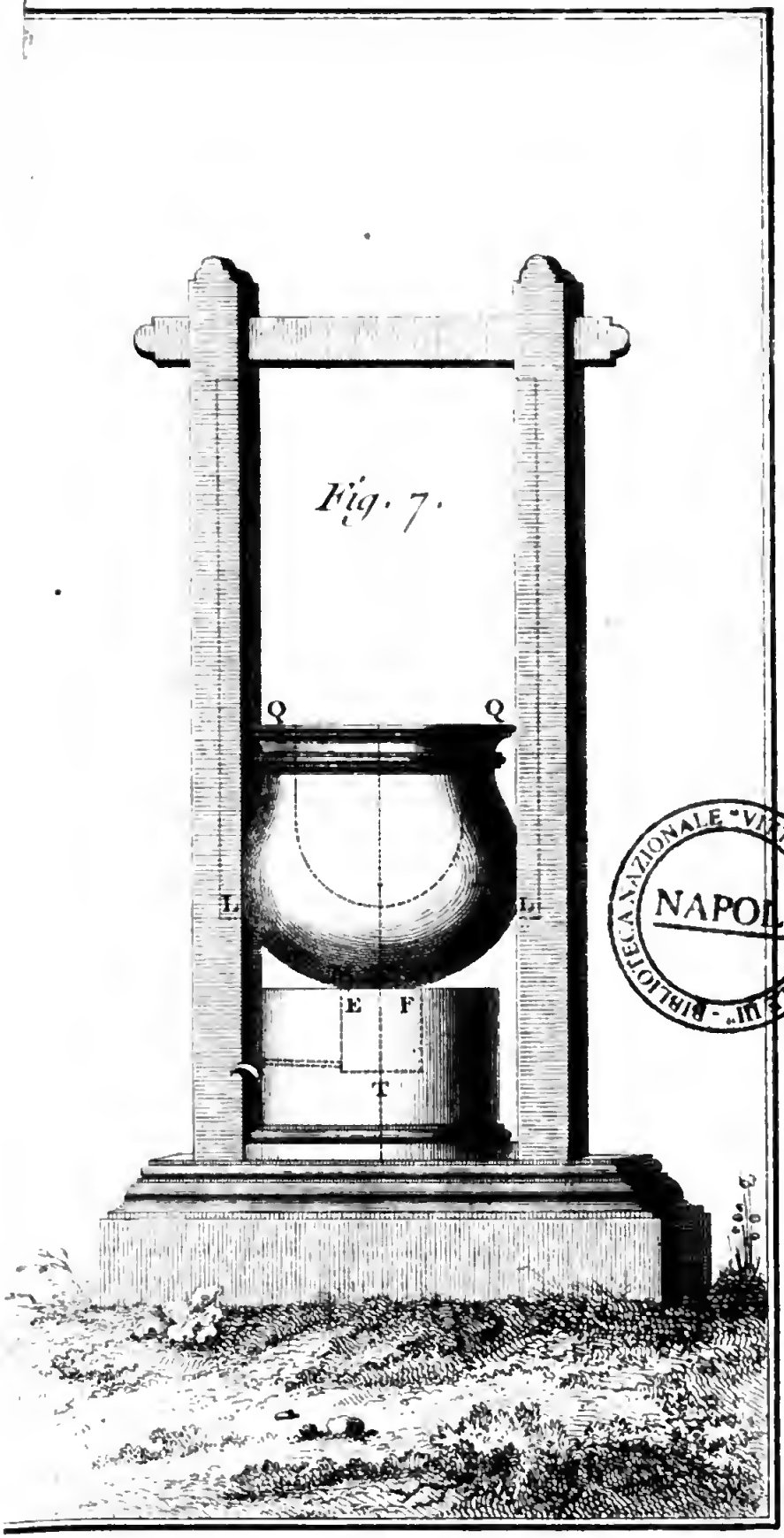


Fig. 7.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" - NAPOLI

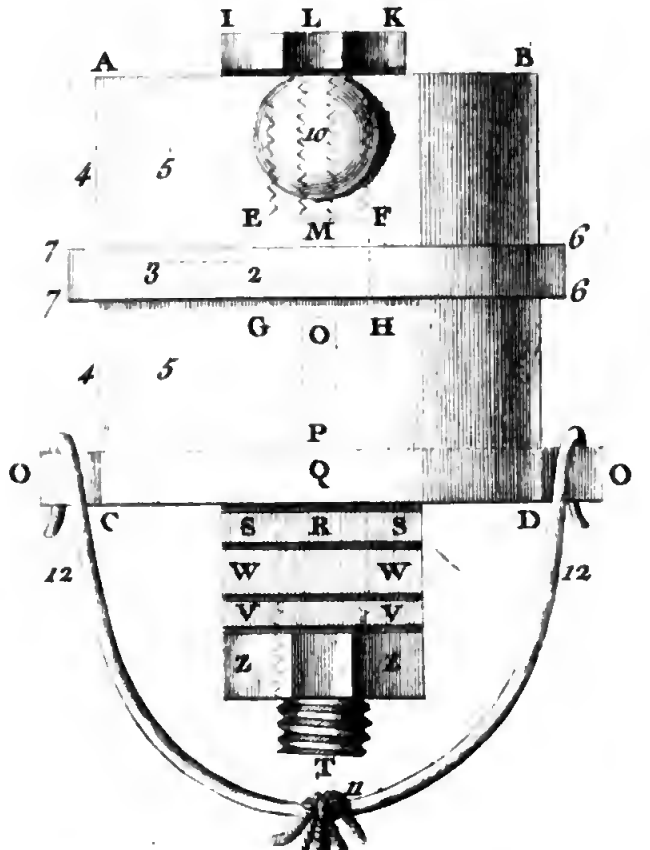
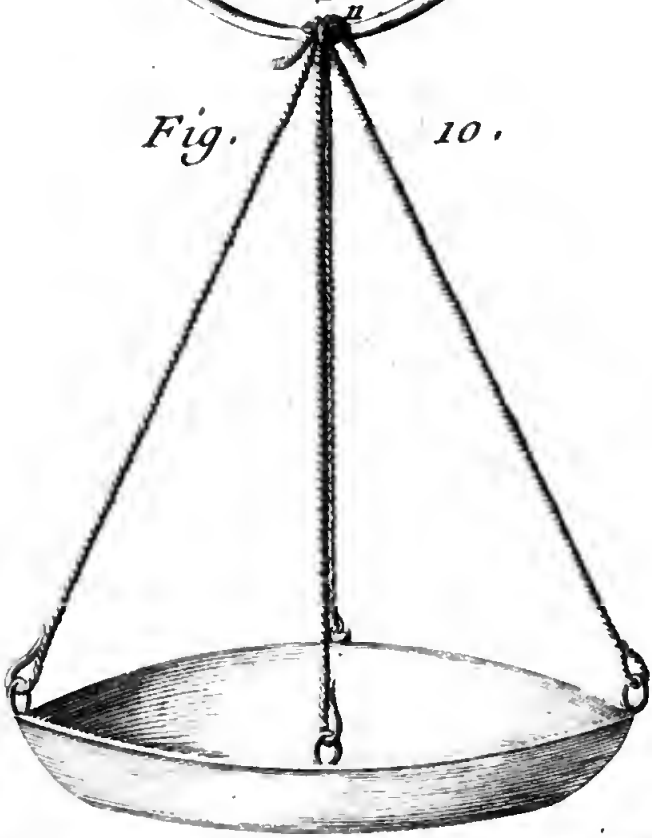
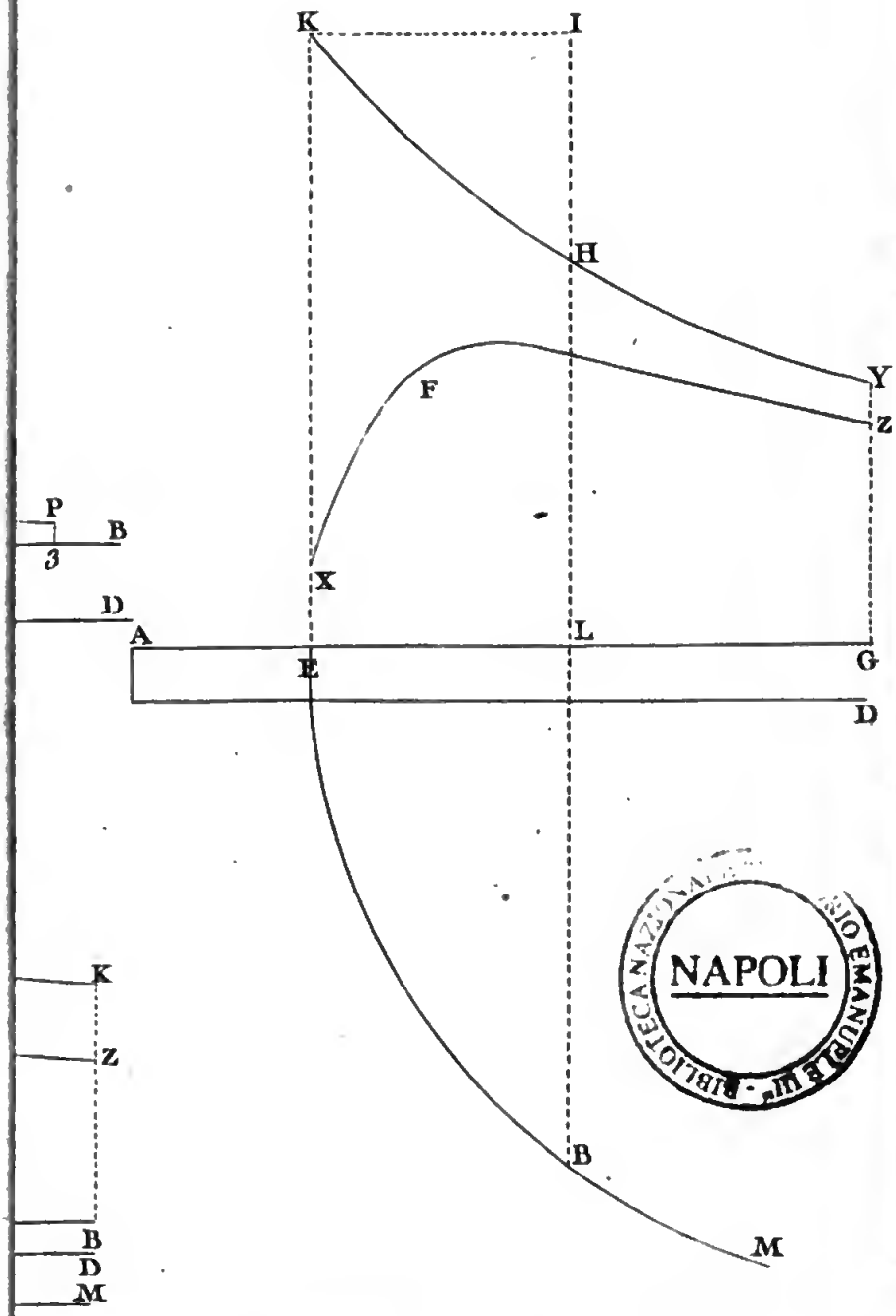


Fig. 10.



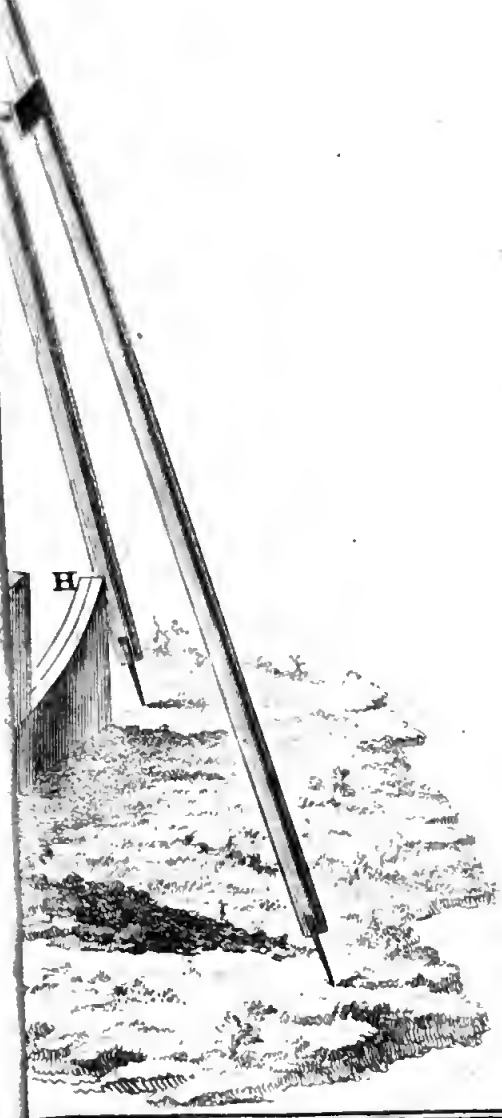
NAPOLI

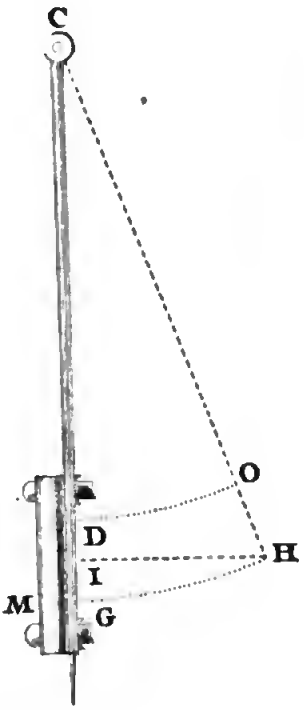
Fig. 15.



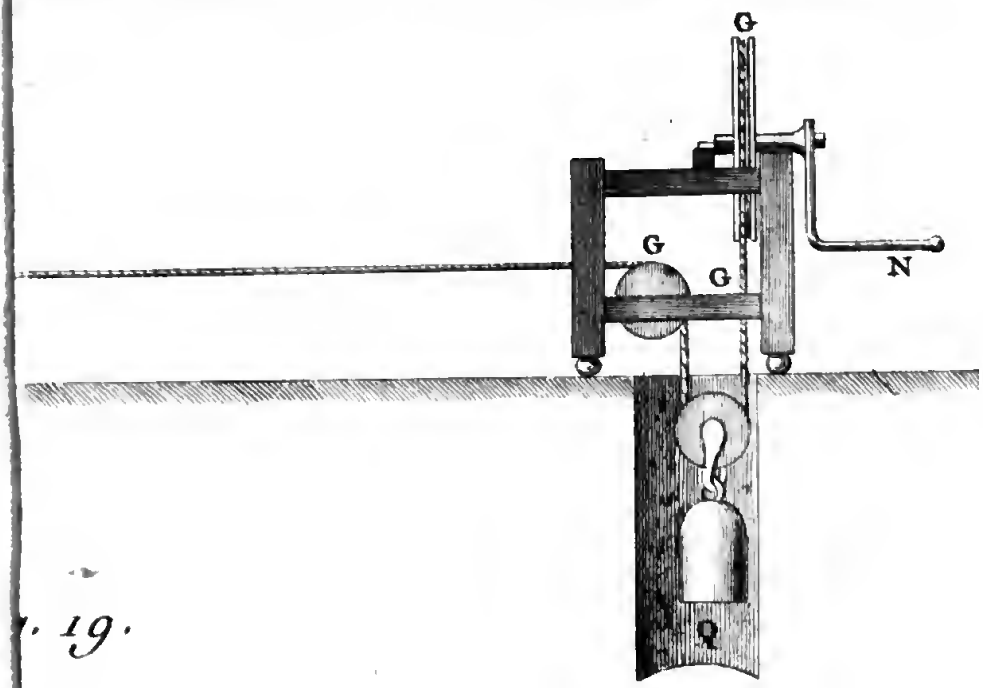
BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Fig. 18.

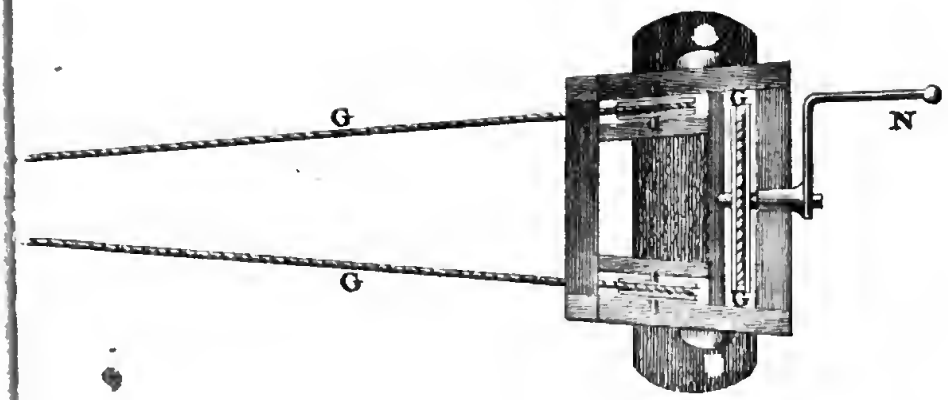




BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III"
NAPOLI

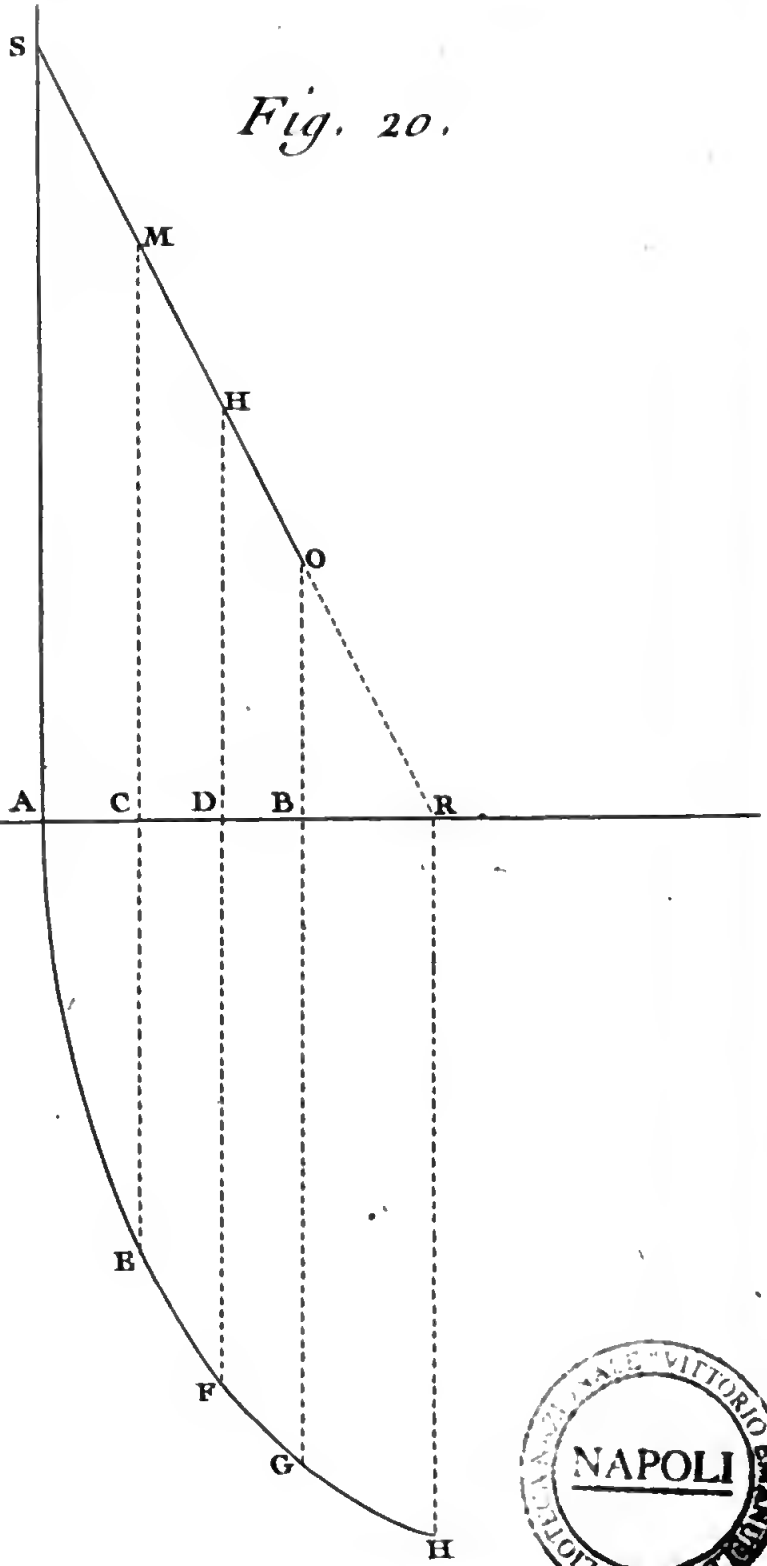


. 19.



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III"
NAPOLI

Fig. 20.



BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

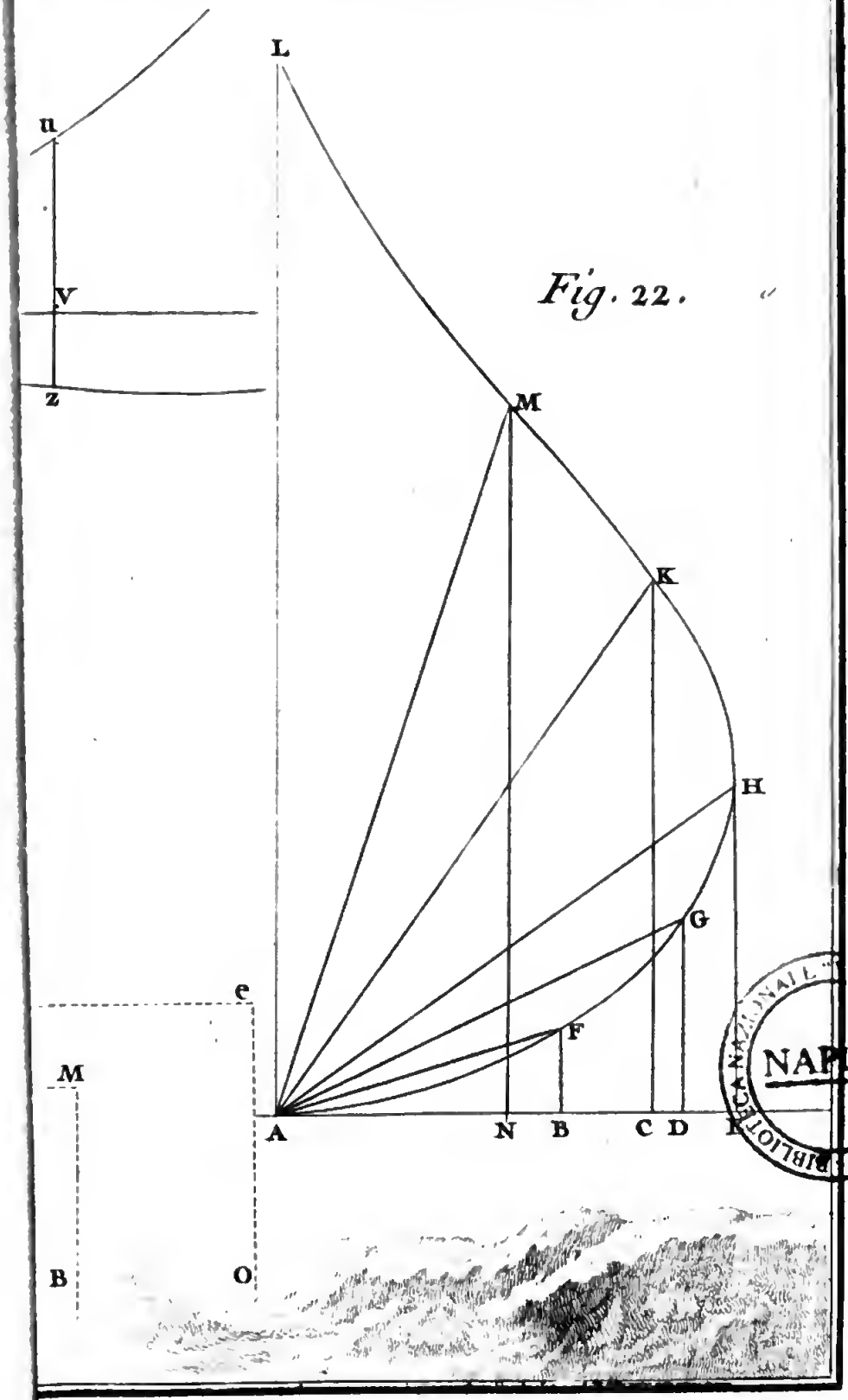
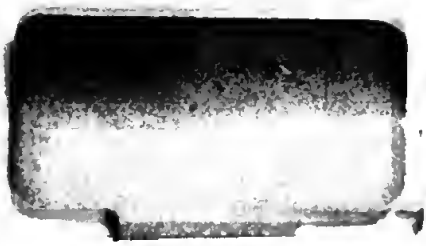


Fig. 22.

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI



BIBLIOTECA